



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Instituto de Física
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
Mestrado em Ensino de Ciências



MARCIA HELENA RIBEIRO

**ESTUDO DO CALOR: SEQUÊNCIA DE ENSINO ASSOCIADA À
CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

Campo Grande – MS

2015



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Instituto de Física
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
Mestrado em Ensino de Ciências

MARCIA HELENA RIBEIRO

ESTUDO DO CALOR: SEQUÊNCIA DE ENSINO ASSOCIADA À CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

Dissertação de Mestrado apresentada Instituto de Física, ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para obtenção de título de mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Nádia Cristina Guimarães Errobidart.

Campo Grande – MS

2015

ESTUDO DO CALOR: SEQUÊNCIA DE ENSINO ASSOCIADA À CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

MARCIA HELENA RIBEIRO

Dissertação submetida à banca do curso de Mestrado em Ensino de Ciências
constituída dos seguintes membros:

Profa. Dra. Nádia Cristina Guimarães Errobidart
Presidente da banca/orientadora
UFMS

Prof. Dr. Jose Rildo de Oliveira Queiroz
Membro externo
UFG

Prof. Dr. Paulo Ricardo da Silva Rosa
Membro interno
UFMS

Profa. Dra. Maria Inês de Affonseca Jardim
Suplente da banca
UFMS

Dedico este trabalho ao meu ídolo, Wilmondes Ribeiro da Silva, que foi acima de tudo um pai dedicado e amigo de todas as horas. É para você papai esse trabalho! E onde você estiver tenho a certeza de que está muito feliz pela nossa conquista. Tenho orgulho de você ter sido meu pai aqui na Terra.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho de pesquisa só pode ser realizado com a ajuda e apoio de todos aqueles que, de certa forma, me auxiliaram durante essa caminhada.

Primeiramente quero agradecer a Deus que me deu a oportunidade de uma vida maravilhosa, cheia de alegrias e de força, para vencer os desafios e caminhando sempre na direção dos meus objetivos.

O meu especial agradecimento à minha mãe Iolanda Luciano da Silva que aos treze anos de idade me trouxe ao mundo e com muita garra me ensinou a ser uma pessoa de caráter, de respeito e de responsabilidade, e também soube com o mesmo carinho, cuidar dos meus irmãos: Marise Terezinha, José Alexandre e Taciana Cristina, que aqui deixo o meu especial carinho e gratidão, por cuidarem da nossa mãe durante a minha ausência para realização desse trabalho e pelo incentivo para sempre continuar em frente na busca dos meus objetivos.

Ao meu cunhado Sergio por dar atenção à minha mãe, tentando suprir a minha ausência. Obrigada! Você foi mesmo muito importante nesse momento ao oferecer todo carinho e cuidado que a mamãe merece.

O meu carinho aos meus sobrinhos: Cristiane, Gabriel e Miguel, que nos meus momentos de cansaço souberam trazer alegria com suas brincadeiras.

O meu agradecimento e reconhecimento ao meu grande amigo e irmão Professor Hygor Rodrigues de Oliveira que por várias vezes foi de ônibus à Campo Grande para suas aulas de doutorado, podendo assim, retornar me acompanhando, para que eu não dirigisse sozinha à noite.

Minha especial atenção à amiga, companheira de trabalho e minha coordenadora Cláudia Leite Munhoz que me ensinou os primeiros passos na arte da pesquisa.

Um agradecimento especial à professora e amiga Ana Raquel Spalenza que, como professora da língua Portuguesa corrigiu o meu projeto de pesquisa com muita dedicação.

Um carinho especial a todos os estudantes do curso Técnico em Alimentos que gentilmente se dispuseram a participar dessa pesquisa.

Agradeço à professora e amiga Mariângela Fatima da Silva pela colaboração durante os trabalhos realizados no laboratório de alimentos.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, nas pessoas da direção geral e de ensino por proporcionarem a oportunidade de realização dessa pós-graduação, bem como a todos os colegas de trabalho.

Ao estado de Mato Grosso do Sul que me proporcionou grandes conquista na área da Educação.

Agradeço ao Prof. Dr. Jose Rildo de Oliveira Queiroz pelo aceite em participar da Banca e pelas excelentes contribuições para a dissertação.

O meu muito obrigado à família Gomes Rosa, que tanto me ajudaram nas horas difíceis de saudades da minha família e que sempre me acolhem tão bem em Coxim.

Agradeço também às quedas e tombos que levei nessa vida, pois foi assim que criei coragem para seguir em frente em busca dos meus objetivos, sem nunca me desanimar frente aos obstáculos.

Agradeço os professores: Shirley Takeco Gobra, Elenice Arruda e Paulo Ricardo da Silva Rosa, que muito contribuíram com seus conhecimentos.

Agradeço de maneira geral a todas as pessoas que colaboram para a realização desse trabalho e que de alguma forma não foram citadas, mas que serão sempre lembradas com muito carinho pelo incentivo e força para que eu seguisse em frente.

E por fim àquela que soube ter a maior paciência e dedicação comigo, nas horas de estudo, broncas, alegrias, conquista, tristeza, desabafo, desencontros de ideias, mas que foi fundamental nessa jornada: obrigada professora e amiga Dra. Nádia Cristina Guimarães Errobidart. Se existe uma pessoa que eu posso dizer que foi fundamental no meu crescimento profissional, essa pessoa é você.

A Descoberta do fogo mudou a vida do homem, e a energia sob a forma de calor transformou a minha vida!

O autor.

RESUMO

Estudos realizados com enfoque no ensino de Física apontam para uma grande dificuldade quanto ao ensino e à aprendizagem dessa disciplina, e que a mesma se apresenta no livro didático de forma a-histórica, e muitas vezes sem uma relação com o cotidiano pessoal e profissional do estudante. Essa mesma problemática se faz presente no curso Técnico em Alimentos do IFMS, Câmpus Coxim, onde são oferecidas as disciplinas do currículo básico, como a física, e as específicas da área de alimentos, sendo que aqui a dificuldade está relacionada à falta de contextualização na disciplina de Física de modo a oferecer contribuições para os conteúdos específicos do curso. Uma análise realizada nos livros das disciplinas específicas apontou para a possibilidade de elaboração de uma sequência de ensino pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel como forma de oferecer contribuições de contextualização do estudo do calor para a conservação de alimentos. Esta sequência contou com aulas de História da Ciência explorando a evolução do conceito de temperatura e calor e dos conceitos físicos associados à calorimetria. Para a averiguação da ocorrência de uma aprendizagem significativa, foi proposta uma atividade diferenciada que fazendo uso dos conceitos abordados na sequência de ensino, fosse capaz de ser aplicado na conservação de alimentos. Os resultados apontaram que a sequência de ensino se mostrou favorável à medida que os sujeitos aplicaram o estudo do calor em um aparato idealizado para secagem de frutas fazendo uso dos processos de transferência de energia sob a forma de calor.

PALAVRAS-CHAVES: Aprendizagem significativa, contextualização do calor na conservação de alimentos, secagem de alimentos.

ABSTRACT

Studies focusing on the teaching of Physics point to a great difficulty in the teaching and learning of this discipline, which is mostly displayed in didactic books in a non-historical way, and often without a relationship with the student's personal and professional life. This same difficulty is present in the 'Técnico em Alimentos do IFMS' course, on Coxim Campus, where the disciplines of basic curriculum are offered, such as physics, and the specific ones from the food sector, where the difficulty is related to the lack of context in Physics in order to offer input for the specific course subjects. An analysis on the books of specific disciplines pointed to the possibility of drafting a guided teaching sequence based on the 'Teoria da Aprendizagem Significativa', by David Ausubel, in order to offer context contributions of the heat study for the conservation of food. This sequence had History of Science classes exploring the evolution of the concept of temperature and heat and physical concepts associated with calorimetry. For the investigation of the occurrence of a significant learning, it was proposed a different activity that, using the concepts covered in the teaching sequence, was able to be applied in food preservation. The results showed that the teaching sequence was propitious as the subjects applied the study of heat in an apparatus designed for drying fruits using the energy transference processes in the form of heat.

KEYWORDS: meaningful learning, context of heat in food conservation, drying food.

FIGURAS

Figura 1 – Características dos organizadores prévios.	28
Figura 2 - Divisão dos organizadores prévios de acordo com a forma de aplicação.	29
Figura 3- Tipos de aprendizagem significativa.	30
Figura 4 - Processos Cognitivos ou Princípios Programáticos.	35
Figura 5 - Procedimentos para verificação da aprendizagem significativa.	35
Figura 6 - Mapa conceitual da teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel.....	37
Figura 7 - Exemplo simplificado de um mapa conceitual.....	38
Figura 8 - Secadora solar artesanal de frutas.....	45
Figura 9 - Secadora solar artesanal de frutas.....	46
Figura 10 - Desenho elaborado pelo sujeito A1 para a questão 1 da ADF.	62
Figura 11 - Desenho elaborado pelo sujeito A15 para a questão 1 da ADF.	63
Figura 12 - Proposta de secadora apresentada pelo grupo 1	73
Figura 13 - Proposta de secadora apresentada pelo grupo 2..	77
Figura 14 - Proposta de secadora apresentada pelo grupo 3	79
Figura 15 - Apresentação da secadora solar aos sujeitos:	83
Figura 16 - Apresentação da secadora solar aos sujeitos..	85
Figura 17- (a) Platão e (b) Aristóteles	111
Figura 18- Heráclito de Éfeso	111
Figura 19 - Empédocles.....	112
Figura 20- Os quatro elementos de Aristóteles	113
Figura 21 - Aeolópia de Heron de Alexandria	114
Figura 22 - Escalas de Temperatura propostas por Galeno.....	118
Figura 23 - (a) Termômetro de Santorio Santorre (b) Termoscópio de ar de Santorio Santorre:	120

QUADROS

Quadro 1 – Relação dos Artigos identificados em cada uma das revistas a partir das palavras-chave escolhidas.....	19
Quadro 2 - Relação dos artigos selecionados para embasamento da pesquisa.....	19
Quadro 3 - Principais contribuições dos artigos escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa.	20
Quadro 4 – Descrição das questões de acordo com as categorias do domínio cognitivo subsunçores.....	47
Quadro 5 - Resumo explicativo das normas e dos exemplos apresentados por Marchuschi	95

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantitativo respostas por sujeito e por classe, na ADI	57
Gráfico 2 - Quantitativo de respostas por por classes, na ADI.....	59
Gráfico 3 - Quantitativo de respostas por sujeito e por classe na ADF.....	60
Gráfico 4 - Quantitativo de respostas por sujeito e por classe, na ADF.....	61
Gráfico 5 - Quantitativo de sujeitos pro categorias e por avaliação, ADI e ADF	71

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1	18
PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	18
CAPÍTULO 2	25
REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 COGNIÇÃO E A TOMADA DE DECISÃO.....	25
2.2 ASPECTOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	26
CAPÍTULO 3	40
METODOLOGIA	40
3.1 METODOLOGIA DE ENSINO.....	40
3.1.1 A SEQUÊNCIA DE ENSINO	41
3.2 METODOLOGIA DE PESQUISA	46
3.2.1 OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	46
3.2.2 A TRANSCRIÇÃO DAS FALAS	51
3.2.3 AS CLASSES DE ANÁLISE	52
CAPÍTULO 4	56
RESULTADOS E ANÁLISE	56
4.1 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA INICIAL.....	56
4.1.1 RESULTADO E ANÁLISE	56
4.2 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL	60
4.2.1 ANÁLISE DAS QUESTÕES DA (ADF)	61
4.2.2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS AVALIAÇÕES	70
4.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE DE APLICAÇÃO DO ESTUDO DO CALOR ASSOCIADA À SECAGEM DE ALIMENTOS.....	72
4.3.1 ANÁLISE DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GRUPO 1	73
4.3.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GRUPO 2	76
4.3.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GRUPO 3.....	79
5.4 ANÁLISE DA AULA DEMONSTRATIVA UTILIZANDO UMA SECADORA ARTESANAL..	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERENCIAS	91
ANEXO 1	95
SÍMBOLOS USADOS NA TRANSCRIÇÃO DE FALAS	95
APÊNDICE 1	97
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA INICIAL	97
APÊNDICE 2	102
MAPA CONCEITUAL DE ESTRUTURA DA MATÉRIA	102

APÊNDICE 3.....	103
MAPA CONCEITUAL DO ESTUDO DO CALOR.....	103
APÊNDICE 4.....	104
AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL	104
APÊNDICE 5.....	109
ROTEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE PRÁTICA	109
APÊNDICE 6.....	110
HISTÓRIA DO CONCEITO DE CALOR E TEMPERATURA	110

INTRODUÇÃO

A abordagem dos conceitos físicos no ensino médio é um trabalho bastante desafiador: os alunos quase sempre não veem sua aplicabilidade no cotidiano, pois o ensino em sala de aula muitas vezes está distante do seu contexto social e parece só fazer sentido como instrumento para concursos e vestibulares. Um indício dessa distância é a existência de questionamentos constantes dos estudantes, tais como: Onde é que eu vou aplicar isso na minha vida? Para que serve isso?

O tema relacionado à dificuldade no ensino de física tem sido objeto de várias pesquisas nestes últimos anos, pretendendo evidenciar um real significado para o estudo dessa ciência na educação básica. Um consenso entre pesquisadores aponta que a forma com que essa disciplina é apresentada nos livros-textos, e de certa forma em sala de aula, está fora da realidade do aluno.

O problema relacionado ao currículo e o processo de ensino e aprendizagem de física têm sido também alvo de pesquisas e discussões entre os pesquisadores da área de educação. Muitas são as evidências relacionadas à dificuldade de contextualização do conteúdo, tendo em vista que o livro didático se apresenta de forma descontextualizada da realidade do estudante. Essas pesquisas ainda reforçam que existe uma barreira imposta pelos professores em considerar a História da Ciência no ensino de física. Outro fator é a escassez de metodologias diferenciadas, como o emprego de atividades experimentais, aliadas ao formalismo matemático excessivo e à insatisfação com o método tradicional de ensino.

Entende-se, pois, que a contextualização possa abordar um conteúdo no tempo e no espaço, do contexto que está engajado numa tentativa de se encurtar a distância entre os conteúdos de Física explorados em sala de aula e a realidade vivenciada pelo aluno durante o seu dia a dia.

Com relação ao ensino técnico, composto pelos eixos básico e específico, esse aspecto é muito mais árduo, pois o conteúdo abordado na disciplina de física fica totalmente desconectado da futura formação profissional técnica do estudante.

Uma consequência desse distanciamento é que, na maioria das vezes, o estudante atribui valores maiores às disciplinas específicas, ficando as demais em

segundo plano. Esse afastamento se deve ao fato de ele não conseguir identificar uma aplicação/conexão dessas disciplinas com as específicas.

Essas dificuldades apresentadas pelos pesquisadores foram detectadas também no curso Técnico em Alimentos do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS), Câmpus Coxim. Neste, a disciplina de Física 3, que faz parte do currículo básico, explora os saberes: Termometria, Dilatação Térmica, Calorimetria, Estudo dos Gases e Termodinâmica. Os conceitos em calorimetria, por exemplo, apresentados aos alunos no 4º período, são novamente abordados na disciplina de Operações Unitárias, oferecida no período seguinte. Entretanto, quando esses conceitos são solicitados na discussão de aplicações no processo de conservação de alimentos, muitas vezes os alunos não conseguem estabelecer a devida relação com o que foi abordado no conteúdo de Calorimetria.

Como forma de estabelecer uma conexão entre essas duas disciplinas, a presente pesquisa buscou a possibilidade de aplicar, uma sequência de ensino do estudo do calor e uma atividade problema como forma de contextualização desse conteúdo, para o âmbito específico do curso, discussões sobre métodos de conservação de alimentos pela propagação da energia sob a forma de calor, trabalhados em disciplinas específicas do curso técnico em alimentos.

Na indústria alimentícia, dentre os muitos procedimentos aplicados para a conservação dos alimentos, visando a ampliar o tempo de vida útil destes, destacamos o tratamento térmico, considerado como um dos métodos mais importantes utilizados no processamento de alimentos.

Nesse sentido, realizar uma adaptação ou transformação de saberes, valorizando, entre outros aspectos, a contextualização do estudo do calor em aulas de Física para um curso Técnico em Alimentos, apresentou-se como o principal motivo para o desenvolvimento desta pesquisa. Nela, tenta-se responder à questão: Até que ponto uma sequência de ensino que explore a contextualização da Calorimetria e relações entre conservação de alimentos possa contribuir para uma aprendizagem significativa?

Como destacado anteriormente, a indústria alimentícia utiliza os métodos de propagação da energia sob a forma de calor para o aumento de vida útil dos alimentos. Sendo assim, foi escolhido o conteúdo de Calorimetria como objeto de estudo no

processo de elaboração de um material pedagógico para o contexto do curso Técnico em Alimentos, aliado a uma aprendizagem significativa.

Para responder à questão de pesquisa, foi proposto como objetivo geral elaborar e testar uma sequência de ensino para ser aplicada no curso Técnico em Alimentos, visando à contextualização da Calorimetria na conservação de alimentos.

Os objetivos específicos são: construir e aplicar uma sequência de ensino para explorar o material produzido; elaborar um material específico de contextualização da Calorimetria para o curso Técnico em Alimentos; elaborar e testar a aplicação dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor em uma atividade diferenciada para secagem de frutas e, a partir dessa atividade, verificar a aprendizagem significativa do conteúdo de calorimetria.

Para atingir esses objetivos, foi realizada uma pesquisa qualitativa, cujos resultados serão apresentados nos capítulos de Revisão Bibliográfica, Referencial Teórico e Metodológico e Análise dos resultados.

CAPÍTULO 1

PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

O presente trabalho de revisão bibliográfica buscou embasamento teórico para a elaboração de um produto de contextualização do estudo do calor, em aulas de Física, aplicado ao curso Técnico em Alimentos.

Como forma de averiguar a existência de publicações científicas relacionadas à pesquisa pretendida, de elaboração de uma sequência de ensino de Calorimetria contextualizando o estudo do calor na conservação de alimentos, foi realizada uma busca a partir das orientações de Rosa (2013) para a realização de uma pesquisa documental: definição das palavras-chave, definição do escopo, seleção do *corpus* da pesquisa e análise dos documentos.

Para a definição das palavras-chave, buscamos, no campo de interesse dessa pesquisa, palavras e expressões relacionadas com a questão básica da pesquisa definida anteriormente. Sendo assim, selecionamos as seguintes palavras e expressões: calorimetria, calor, temperatura, equilíbrio térmico, história do calor, contextualização da calorimetria, História da Ciência, estudo do calor, conservação de alimentos, experimentos em calorimetria, enfim palavras que pudessem orientar a seleção de documentos para compor o *corpus* da pesquisa.

Para a definição do escopo da pesquisa, selecionamos artigos publicados em revistas científicas nos últimos 15 anos, tendo em vista que os estudos na área de Alimentos no Brasil são recentes (VIÇOSA, 2008). Os artigos foram selecionados após uma breve leitura do título, da metodologia utilizada, do resumo e da conclusão apresentada pelos pesquisadores.

Dentre os documentos pesquisados selecionamos aqueles que atendiam ao objetivo da pesquisa aqui proposta. Nessa fase, foi feita somente a leitura dos campos selecionados para a pesquisa.

De posse dos documentos coletados, passamos para a leitura dos artigos, buscando as informações pertinentes ao nosso estudo e posterior elaboração de um quadro com as principais contribuições de cada trabalho, pontuando a contribuição teórica para essa pesquisa. Especificamente, descrevemos o que cada autor realizou, e apontando a questão respondida, a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

No quadro 1, apresentamos as palavras-chave (calor, temperatura, equilíbrio térmico, conservação de alimentos e História do calor) utilizadas na pesquisa bibliográfica e o quantitativo de artigos evidenciados em cada revista selecionada.

No total, foram identificados 280 artigos que possivelmente pudessem dar suporte a este trabalho.

Quadro 1 – Quantitativo de artigos identificados por revista a partir das palavras-chave escolhidas

Revista/palavras-chave	Calor	Temperatura	Equilíbrio Térmico	Conservação dos alimentos	História do calor
Investigação em Ensino de Ciências	63	69	17	17	43
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	01	01	00	00	00
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	19	15	01	01	01
Ciência e Tecnologia dos Materiais	01	00	00	00	01
Química nova	02	27	00	00	00

Fonte: a autora.

O Quadro 2 apresenta a indicação da referência dos artigos selecionados e utilizados para elaboração do embasamento teórico metodológico desta pesquisa, bem como o periódico em que foi publicado.

Quadro 2 – Relação dos artigos selecionados para embasamento da pesquisa.

Revista/ palavras-chave	Calor	Temperatura	Equilíbrio Térmico	História da Ciência
Investigação em Ensino de Ciências	(AGUIAR JR, 1999) (AGUIAR JR e MORTIMER, 2005).	(AGUIAR JR e MORTIMER, 2005).		
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	(KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2002).			
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	(SILVA, LABURÚ e NARDI, 2008).	(MATTOS e DUMONT, 2004).	(CINDRA e TEIXEIRA, 2004).	
Ciência e Tecnologia dos Materiais				(BRITO, 2008).

Química nova		(PIRES, et al, 2006).		
--------------	--	-----------------------	--	--

Fonte: a autora.

Salientamos que essa procura teve como principal objetivo buscar orientações para elaborar um material didático específico para a disciplina de Física, explorando o estudo do conceito de temperatura e de calor e aos tipos de transferência de energia sob a forma de calor para o curso Técnico em Alimentos. Ele foi planejado e elaborado como uma forma de contextualização e aplicação na disciplina específica de Operações Unitárias que trata da conservação de alimentos.

Identificamos uma lacuna na literatura, referente à publicação de trabalhos que explorem a contextualização dos conceitos físicos associados ao estudo do calor especificamente para um curso Técnico em Alimentos.

A leitura dos trabalhos selecionados contribuiu com relação à necessidade de se fazer uma mudança no ensino médio, com relação à utilização de novas técnicas de ensino para o conteúdo de Física, bem como para elaboração da sequência de ensino do estudo do calor.

O quadro 3 apresenta um resumo das principais contribuições que os trabalhos selecionados apresentaram para o embasamento dessa pesquisa.

Quadro 3 - Principais contribuições dos trabalhos selecionados para o desenvolvimento da pesquisa.

ARTIGO	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES PARA A PROPOSTA DE TRABALHO APRESENTADA
Tomada de consciência de conflitos: Análise da atividade discursiva em uma aula de Ciências, (AGUIAR JR E MORTIMER, 2005).	<ul style="list-style-type: none"> - Ressalta a complexidade das intervenções docentes utilizadas para uma participação ativa e efetiva na construção dos conceitos e modelos científicos em sala de aula. - Indica a importância da intervenção docente na construção dos conhecimentos.
Calor e Temperatura no ensino fundamental: Relações entre o ensino e a aprendizagem numa perspectiva construtivista, (AGUIAR JR, 1999).	<ul style="list-style-type: none"> -Propõe um plano de curso para o estudo do calor e temperatura que possa aproveitar as concepções espontâneas dos estudantes, promovendo ao mesmo tempo uma sucessiva reestruturação com a finalidade de alcançar um nível de conhecimento desejado. -Produção, por meio da assimilação de novas ideias por parte dos estudantes, de novas relações e estrutura conceitual, com a possibilidade de incorporá-las a crenças anteriores. - Apresentam uma ideia de que ensinar nada mais é que indicar caminhos para a aprendizagem.
Um Estudo a Respeito das Concepções Alternativas Sobre Calor e Temperatura,	<ul style="list-style-type: none"> - Apresenta a dificuldade que os estudantes possuem de conceituar calor e temperatura.

(KÖHNLEIN E PEDUZZI, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Sinalizam para uma necessidade urgente de reformulação dos cursos de formação de professores. - Apresentam muitas situações em que os estudantes tendem a associar o conceito de calor ao de uma substância. - Fazem a indicação de que um ensino pautado na concepção prévia dos estudantes apresenta um resultado bastante satisfatório.
Discussão Conceitual para o Equilíbrio Térmico, (CINDRA E TEIXEIRA, 2004).	<ul style="list-style-type: none"> - Reforça a ideia da utilização de textos sobre o processo histórico como forma de apresentar aos estudantes a ideia de que suas concepções são semelhantes às dos estudiosos sobre o assunto em épocas distintas, porém incoerentes, sem embasamento teórico adequado, fragmentadas e, às vezes, totalmente contraditórias. - Faz uma referência ao fato de que muitos livros didáticos apresentarem várias falhas em relação ao conceito de calor. - Propõe questões capazes de provocar discussões em sala de aula, levando em consideração o desenvolvimento histórico dos conceitos de calor e temperatura.
Reflexões para Subsidiar Discussões Sobre o Conceito de Calor na Sala de Aula, (SILVA, LABURÚ E NARDI, 2008).	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentam a evolução do conceito de calor ao longo dos tempos juntamente com as dificuldades em conceituar o calor, encontradas nos livros didáticos em relação a este mesmo conceito. - Propõem uma discussão da necessidade de compreender o que seja energia para o entendimento do conceito de calor.
Sensação Térmica: Uma abordagem interdisciplinar, (MATTOS E DRUMOND, 2004).	<ul style="list-style-type: none"> - Propõe um levantamento bibliográfico dos temas relacionados: ao calor, sensação térmica e temperatura, nas mais variadas áreas do conhecimento, concluindo que a interdisciplinaridade é essencial para a reformulação dos conteúdos didáticos e também como sendo um fator importante para trabalhar a transversalidade em sala de aula.
“Flogístico”, “Calórico” & “Éter”, (BRITO, 2008).	<ul style="list-style-type: none"> - Traz a História da Ciência como uma forma de construção do conhecimento. - Faz uma apresentação de que muitas teorias que se apresentavam de forma errônea, foram de grande importância para a construção da verdadeira concepção de determinados fenômenos. - Aponta que a ciência avança e retroage na descrição de um determinado fenômeno, mas que sempre caminha em direção à perfeição.
Do Termoscópio ao Termômetro Digital: Quatro Séculos de Termometria, (PIRES, et al, 2006).	<ul style="list-style-type: none"> - Apresenta um levantamento bibliográfico da história da construção dos termômetros desde Galeno até os dias de hoje. - Indica que o uso do termômetro só se fez confiável a partir do momento em que o conceito de temperatura foi baseado nas considerações da Termodinâmica, quando Kelvin apresenta a definição do zero absoluto.
Conceito de Calor: Contexto Histórico e Proposta para Sala de Aula, (GOMES,	<ul style="list-style-type: none"> - Apresenta a História da Ciência como uma forma dos estudantes

2013).	construírem o conceito de calor. - Reforçam a ideia da interdisciplinaridade como ponto de partida para que seja estabelecido um elo entre a Ciência e os demais conteúdos como a História e a Química.
O Experimento de Joule e o Ensino de Termodinâmica Baseado na História da Ciência: Uma Proposta Didática, (SOUZA, 2012).	- Propõe a inserção da História da Ciência como uma possibilidade de desenvolvimento de competências necessárias para a formação, no cidadão, de um pensamento crítico e criativo capaz de levá-lo a participar ativamente na sociedade e no mundo em que vive, promovendo o desenvolvimento de competências relacionadas ao ensino e à aprendizagem, além de possibilitar uma melhor compressão da natureza da ciência.

Fonte: a autora.

As propostas apresentadas por cada autor, descrita no quadro 3, sinalizam que estudos do conceito de temperatura, calor e suas formas de propagação da energia sob a forma de calor são pouco explorados pelos pesquisadores em relação a outros conteúdos da Física.

De acordo com Silva, Laburú e Nardi (2008), muitos artigos apontam que a construção do conceito de calor foi um dos mais difíceis de ser elaborado, e que séculos se passaram até que se chegasse ao atualmente aceito.

Os resultados apontaram, também, para a grande dificuldade que os professores enfrentam no momento de abordar o conteúdo, e para os obstáculos que os alunos têm para se apropriarem desses conceitos, além de que as concepções espontâneas dos alunos se mantêm mesmo após as atividades desenvolvidas.

Em muitos casos, segundo Köhnlein e Peduzzi (2002), há relatos de que o conceito de calor como um fluido ainda é muito forte entre os estudantes, o que evidencia a necessidade da intervenção participativa deles na sua construção. Além disso, muitos livros didáticos, como indicam Silva, Laburu e Nardi (2008), ainda apresentam falhas e erros conceituais.

Além dos artigos identificados na pesquisa bibliográfica em periódicos da área, dois outros trabalhos, uma dissertação e um trabalho de conclusão de curso, apresentaram aspectos que orientaram a execução desse trabalho: Gomes (2013) e Souza (2012).

Considerando a relevância com que tratam o estudo do calor e sua abordagem em sala de aula apresentamos uma descrição mais detalhada do estudo realizado pelos autores.

Gomes (2013) apresenta a proposta de uma sequência didática utilizando a História da Ciência para a construção do conceito de calor.

Nesse sentido, foi elaborada uma sequência didática composta por textos que tratam da evolução do conceito de calor, explorando com mais ênfase o flogístico e o calórico, bem como o texto de Rumford, das fábricas de canhões. O material contempla também resolução de exercícios, apresentação de simulações via *internet*, experimentos seguidos de fichas de acompanhamento e, como finalização, um júri simulado para as defesas do calor como substância e movimento interno da matéria.

Analisando os resultados obtidos, o autor aponta para a necessidade de se fazer um momento da aula em integração com o professor de História para explorar os aspectos gerais da sociedade europeia durante os séculos de maiores contribuições para a ciência, no caso sec. XVII e XVIII, para que se possa estabelecer um elo entre as ciências e os demais setores da sociedade que influenciaram os cientistas. Ele acredita também que a realização de experimentos possa contribuir e muito com a construção do conceito de calor, juntamente com a participação dos professores de química.

Souza (2012) apresenta todo um contexto histórico para a elaboração de um experimento referente ao equivalente mecânico do calor proposto por Joule.

Segundo a autora, a inserção da História da Ciência na educação científica possibilita o desenvolvimento de competências necessárias para a formação, no cidadão, de um pensamento crítico e criativo que o leve a ser capaz de participar ativamente na sociedade e no mundo em que vive, promovendo o desenvolvimento de competências relacionadas ao ensino e à aprendizagem, além de garantir uma melhor compressão da natureza da ciência.

Esta pesquisa apresenta uma proposta de estudo dos experimentos históricos relacionados ao conceito de calor. Com esta proposta, tenta-se verificar a possibilidade de o estudo desses experimentos contribuir para o entendimento da prática experimental dos antigos estudiosos e, dessa forma, reconstruir os fatos históricos, éticos e sociais que implicaram o desenvolvimento dessas atividades experimentais.

A autora acredita que a História da Ciência possa contribuir para a compreensão de que a ciência foi dividida em ramos como a Física, a Química e a Biologia apenas por questões práticas, pois a ciência é o conjunto desses conteúdos,

ligados à matemática de uma forma mais elaborada do que a pura utilização de equações.

A pesquisadora alega também que a simples transposição didática do conteúdo não seria suficiente para possibilitar o ensino e a aprendizagem, mas que se possa trabalhar com a prática e a teoria para se estabelecer a busca da compreensão do uso de equipamentos tecnológicos e de máquinas e processos industriais e de outras atividades profissionais, numa solução de problemas concretos.

O estudo da História e Filosofia da Ciência podem contribuir para que o estudante não tenha uma visão errônea do que é fazer ciências e do papel da ciência na sociedade. Para isso, devem-se levar em consideração as concepções espontâneas dos estudantes, evitando-se que a aprendizagem seja meramente mecânica, incapaz de promover a compreensão dos conceitos e teorias.

A autora constatou a importância do uso de fontes primárias para estudos históricos e seu entendimento nos aspectos sociais e éticos em que as experiências foram construídas como uma forma de possibilitar a compreensão de como os pensadores desenvolveram seus estudos ao longo da história da ciência.

Salientamos que dos artigos e demais trabalhos analisados, não identificamos uma proposta de contextualização da Calorimetria, específica para um curso Técnico em Alimentos, a ser aplicada em aulas de Física. Isso justifica a importância do produto desse trabalho de mestrado.

Nesse sentido, acreditamos que um material de contextualização dos conceitos citados acima para a disciplina de Física, que posteriormente será aplicado na área que diz respeito aos conceitos da conservação de alimentos, seja algo que possa fazer a diferença para os estudantes durante as aulas específicas de conservação de alimentos pela propagação da energia sob a forma de calor. Consideramos, portanto, que um conteúdo que faz parte do currículo comum poderá fazer uma conexão com as disciplinas específicas do curso técnico, tornando, assim, o ensino da Física algo mais significativo para os estudantes.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é destinado a explanação do referencial teórico por meio do qual se buscou a fundamentação necessária para a elaboração e análise de uma sequência de ensino planejada com a finalidade de explorar o estudo do calor aplicado ao curso Técnico em Alimentos: a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Essa teoria leva em consideração o cognitivo do estudante, ou seja, a forma com que as informações são armazenadas e processadas na mente de quem aprende, destacando as condições para a ocorrência da aprendizagem, os tipos e formas possíveis e os processos cognitivos e princípios programáticos relacionados a aprendizagem significativa. Essa descrição possibilita-nos utilizá-la como metodologia de ensino, na elaboração da sequência de ensino e também como metodologia de pesquisa ao orientar na avaliação da aprendizagem significativa dos estudantes.

A discussão apresentada é pautada nos dois fatores mais relevantes da teoria: conhecer a estrutura cognitiva do indivíduo e ensinar em conformidade com o que ele já sabe.

2.1 Cognição e a tomada de decisão

De acordo com Moreira e Masini (1982), tomar decisões é algo que o ser humano faz constantemente, quer seja individualmente ou coletivamente. Esta tomada de decisão está de certa forma relacionada ao que queremos ou ao que devemos. Quando se toma uma decisão por dever, diz-se que esta ação está relacionada com as leis, estatutos, e etc., e que é resultado da consciência que se tem dos riscos de uma possível eliminação das funções as quais dependem a sobrevivência, levando o sujeito a fazer o que deve estar certo, pois é o que pensa a maioria dos indivíduos.

Essa forma de agir por dever faz com que os indivíduos abandonem suas maneiras pessoais de ver, compreender e agir, mediante situações a que estão expostos.

Sair da tomada de decisão por dever e passar à tomada de decisão por querer só é possível à medida que se amplia e aprofunda a consciência, a qual atribui significado aos objetos que estão à volta dos sujeitos. Desta forma, a chave entre o sujeito e o objeto é a intencionalidade (estrutura que dá significado à experiência).

Moreira e Masini (1982) pontuam que a forma como se vê e compreende o mundo está relacionada com a capacidade humana de ter intenções, e é por meio dessa, que o indivíduo passa a olhar de forma diferente para determinadas coisas que lhe são de interesse maior em relação a outras. Assim, entende-se que o ver só faz sentido quando existe algo para ser visto.

Esta forma de agir é bastante significativa, pois a partir do momento que o indivíduo toma decisões de forma ativa e consciente passa a atribuir significado aos objetos e situações à sua volta.

Foi por meio do estudo do cognitivismo que Ausubel propôs estudar o ato da formação dos significados ao nível da consciência, ou seja, estudar o ato da cognição, o que originou a Teoria da Aprendizagem Significativa. Nela, ele busca descrever, de forma geral o que acontece com o ser humano à medida que o mesmo se situa, organizando o seu mundo, podendo então reconhecer o igual do diferente.

A cognição consiste então em um processo por meio do qual o mundo de significados tem origem, pois à medida que o indivíduo se situa no mundo, ele pode estabelecer relações de significações, ou seja, atribuir significado à realidade em que se encontra e que tem origem na estrutura cognitiva, que se constituem “pontos básicos de ancoragem” por meio dos quais derivam outros significados. É, portanto, por meio da cognição que o indivíduo compreende, transforma e armazena as informações (MOREIRA e MASINI, 1982).

2.2 Aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa apresenta uma proposta de explicação teórica do processo de aprendizagem, enfocando o processo em que as informações são recebidas e organizadas na estrutura cognitiva do indivíduo que aprende (MOREIRA E MASINI, 1982).

A teoria considera a linguagem como uma forma de promover a aprendizagem significativa, sendo então denominada de verbal por ser o meio mais eficiente de ensinar e de promover um conhecimento mais seguro e menos trivial. Por meio da linguagem, que desempenha um papel integral e operacional, é que se estabelece a comunicação com os outros.

Por ser um processo dinâmico, a aprendizagem significativa permite que o indivíduo armazene uma grande quantidade de informações de qualquer área do

conhecimento. O que mais influencia, no caso dessa aprendizagem, é o que o aprendiz já sabe, pois conhecendo isso, fica fácil passar-lhe outros conhecimentos. Além disso, esse aprendiz precisa estar aberto a aprender.

Segundo Moreira e Masini (1982), para o desenvolvimento da teoria da aprendizagem significativa, Ausubel trabalhou com os seguintes processos de aprendizagem:

- **Por recepção:** o sujeito recebe a informação pronta e passa a ter o trabalho de atuar ativamente sobre o material recebido com a finalidade de relacioná-lo a ideias relevantes disponíveis em sua estrutura cognitiva;

- **Por descoberta:** nesse processo de aprendizagem o indivíduo deve aprender “sozinho”, descobrindo algum princípio semelhante ao que acontece na resolução de um determinado problema;

- **Mecânica:** este tipo de aprendizagem ocorre quando as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com nenhuma das ideias já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Assim, esse tipo de aprendizagem é chamado de memorística ou aprendizagem de forma “decorada”, pois o indivíduo não tem a capacidade de expressar um novo conceito com linguagem diferente daquela com que foi primeiramente aprendido. Pode-se dizer que esse sujeito não aprendeu o significado, o sentido do novo conceito, decorando somente a sequência das palavras que o define, assim não consegue utilizar esse conhecimento em um contexto diferente daquele em que fora apresentado.

Considerando esses processos, definiu que a aprendizagem significativa consiste em um “[...] processo pelo qual a nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (MOREIRA E MASINI, 1982, p. 7). Ela ocorre quando novas ideias e informações interagem com um conhecimento prévio existente na estrutura cognitiva do indivíduo, definido por Ausubel como sendo ideias-âncoras ou subsunçores.

Os subsunçores funcionam como conceitos mais amplos na estrutura cognitiva, que permitem que os novos conceitos adquiridos possam ancorar e serem modificados no processo de assimilação. Dessa forma, esses conhecimentos prévios ou ideias-âncoras são considerados como ponto importante para que ocorra uma aprendizagem significativa, pois a assimilação ocorre quando um novo conceito interage com o conceito já existente na estrutura cognitiva do indivíduo.

Os conhecimentos prévios deverão funcionar como ideias âncoras à assimilação de novos conhecimentos. Quando esses conhecimentos não existem, faz-se necessária a introdução dos organizadores prévios: inserções que pretendem favorecer a fixação das novas informações aos conhecimentos existentes (MOREIRA E MASINI, 1982).

Ausubel pontua a possibilidades de três diferentes tipos de organizadores prévios que podem ser utilizados quando os subsunçores não são identificados, indicados na figura 1.

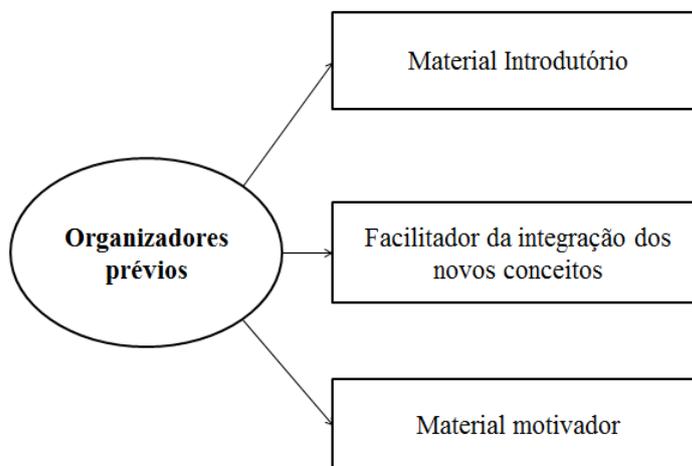


Figura 1 – Características dos organizadores prévios. FONTE: a autora.

Entende-se por **material introdutório**, aquele apresentado antes do próprio material a ser aprendido. Esse material, um texto ou um filme, por exemplo, funciona como uma estratégia de manipulação da estrutura cognitiva do indivíduo. Ele pode conter informações a respeito dos novos conceitos a serem aprendidos, porém desde que este seja apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade (MOREIRA, 2009).

Como **facilitador da integração de novos conceitos**, os organizadores prévios servem de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele necessita saber para que possa aprender de forma significativa o novo assunto proposto. Funcionando como “pontes cognitivas”, os organizadores prévios são utilizados para facilitar a aprendizagem (MOREIRA, 2009).

A figura 2 apresenta a divisão dos organizadores prévios de acordo com a sua forma de aplicação (MAYER e BROMBAGE, 1978 apud AUSUBEL, 2003).

Os chamados pré-organizadores são aqueles apresentados antes do material principal de aprendizagem e são considerados mais eficazes do que os pós-organizadores.

Quando há uma necessidade de fornecer subsunçores relevantes, a opção são os expositivos, onde são usados como conteúdos novos, de certa forma desconhecidos, já os comparativos são aplicados em caso de aprendizagem com um conteúdo relativamente familiar, que promove um auxílio na descrição entre ideias novas e as já existentes na estrutura cognitiva dos sujeitos.

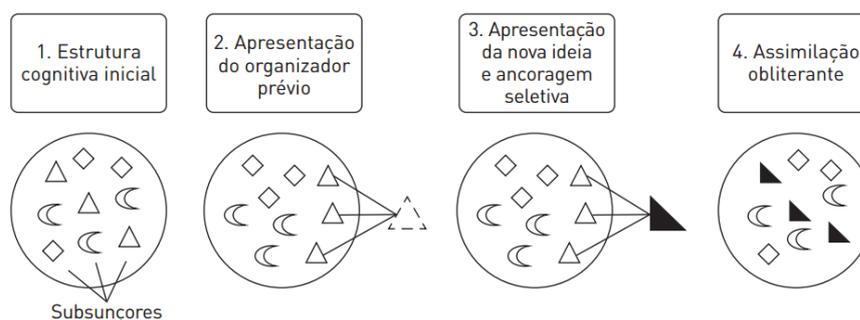


Figura 2 - Divisão dos organizadores prévios de acordo com a forma de aplicação. Fonte: Mayer e Brombage, 1978 apud Ausubel, 2003.

Um organizador prévio pode ser usado como um **material motivacional** à medida que essa preparação para recebimento de novos conceitos não seja algo a ser tratado como um problema especial, nesse caso é suficiente um organizador expositivo, no caso um texto para estimular a nova aprendizagem (MOREIRA, 2009).

Segundo Boss, Filho e Caluzi (2000), a utilização de textos da História da Ciência, aos aprendizes, podem ser trabalhados como forma de fornecer conhecimentos importantes que auxiliem a aprendizagem significativa de conceitos. Desta forma, os textos históricos podem fornecer indícios que os conceitos e teorias não são evidentes, promovendo um ensino que leva em conta a compreensão conceitual e a aprendizagem significativa. Assim, a história fornece elementos para uma análise conceitual; apresentam a forma como ocorreu a enunciação de um conceito, por meio do conhecimento das perguntas que foram respondidas pelo seu surgimento e os problemas que lhe deram origem, e ainda conhecer a função de um conceito dentro de uma determinada teoria.

Ainda de acordo com Nunes, Almouloud e Guerra (2010), um organizador prévio que utilize a História da Ciência, possibilita além de uma contextualização de um conteúdo, fornecer formas de se fazer uma conexão dessas novas ideias com outros já presentes na estrutura cognitiva dos sujeitos.

Resolvida a questão dos conhecimentos necessários para a ancoragem das novas informações, a aprendizagem significativa pode se dar por três tipos de processos, listados na figura 3.

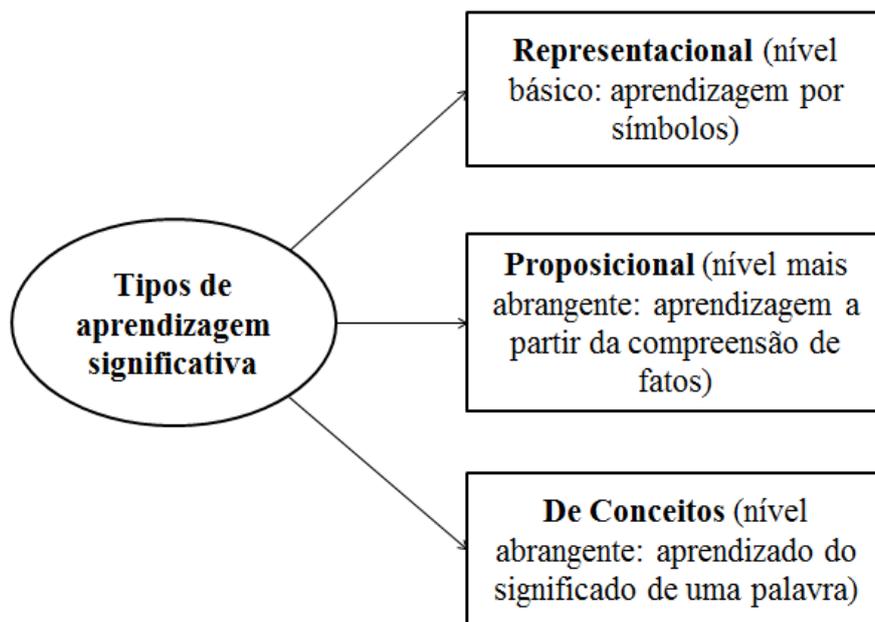


Figura 3- Tipos de aprendizagem significativa. FONTE: a autora.

1. A **aprendizagem representacional**: é o tipo mais básico de aprendizagem significativa e da qual dependem os outros dois tipos. Por aprendizagem representacional entende-se uma aprendizagem por símbolos, normalmente por palavras como, por exemplo, valores sonoros vocais e caracteres linguísticos.
2. A **aprendizagem de conceitos**: pode ser considerada como um caso especial da aprendizagem representacional, porém em um nível mais abrangente e abstrato, como, por exemplo, o significado de uma palavra.
3. Na **aprendizagem proposicional**: a ideia é aprender os significados das ideias expressas por grupos de palavras (geralmente representando conceitos) combinados em proposições ou sentenças. A compreensão de fatos sociais consiste em um exemplo de aprendizagem proposicional.

As aprendizagens, conceitual e proposicional, podem ocorrer das seguintes formas (MOREIRA, 2013):

- 1) **Superordenada**: nesta forma de aprendizagem ocorre uma reorganização dos conceitos na estrutura cognitiva dos sujeitos, em que um conhecimento passa a ser superior, numa escala hierárquica, a outros conceitos, sendo a estrutura cognitiva é dinâmica, busca sempre por uma organização. Existe a possibilidade de ocorrência dessa aprendizagem quando um conceito é percebido de forma a estabelecer diferenças, semelhanças, causalidades, normalmente percebidos quando os conhecimentos são aprendidos por subordinação.
- 2) **Subordinada**: dentre as três, essa é a “mais simples”. Nesse caso um novo conhecimento se subordina a certo conceito já existente na estrutura cognitiva, de certa forma clara e estável. Assim, nesse processo, o conhecimento novo adquire significado, com determinado conhecimento prévio e relevante, sendo esse para ter uma relevância e dar significado ao novo.
- 3) **Combinatória**: essa forma de aprendizagem ocorre em pessoas que possuem um bom domínio de uma grande quantidade de conhecimentos, sendo que um novo conhecimento decorre da interação cognitiva com esse conjunto de conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Além disso, a aprendizagem subordinada pode ser derivativa, correlativa ou obliteradora.

- 1) Aprendizagem **derivativa** é aquela que ocorre quando o material aprendido é entendido como um exemplo específico de um conceito já constituído na estrutura cognitiva, ou apenas autentica ou ilustra uma proposição geral, previamente aprendida. Nesse caso, o significado do novo material surge de forma rápida e relativamente sem esforço, pois está subentendido em um conceito mais inclusivo já existente na estrutura cognitiva do sujeito (MOREIRA, 2009);
- 2) Aprendizagem **correlativa** ou **obliteradora**: neste caso o material é aprendido como sendo um prolongamento, elaboração ou alteração de conceitos previamente aprendidos. O material aprendido é agrupado por interação com subsunçores, mais inclusivos, porém não fica implícito o seu

significado, não podendo ser representado por esses subsunçores (MOREIRA, 2009).

Na forma obliteradora existe a possibilidade de esquecimento, dissociabilidade e retenção.

O processo de esquecimento ocorre de uma maneira natural, podendo ser considerado como uma forma contínua temporal. Na dissociabilidade, as novas informações vão perdendo a associação em relação às ideias-âncoras espontaneamente e progressivamente, até que não se consegue mais serem reproduzidas como entidades individuais, ficando, desta forma somente o subsunçor modificado. Já a retenção é quando ocorre a assimilação de forma significativa de novas informações (MOREIRA, 2009).

Causas do esquecimento na fase da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003, p.120):

1. “Ausência de condições cognitivas necessárias para a aprendizagem significativa: falta de significação lógica do material de instrução; mecanismo de aprendizagem por memorização (e não significativa); falta de ideias ancoradas relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz”.
2. “Assimilação obliterante: tornar as memórias menos específicas e particulares do que eram originalmente, em resultado da assimilação do último conteúdo pelo teor das generalidades prevalecentes”.
3. “Ideias erradas relevantes, muito fortes, aparentemente plausíveis e bem estabelecidas na estrutura cognitiva, que conseguem assimilar as ideias correspondentes mais válidas e verídicas, em termos objetivos, na passagem de aprendizagem, diminuindo, assim, a veracidade destas”.
4. “Quadros idiossincráticos de referência, seletivos em termos culturais, e tendências de atitude. Estes exercem uma influência máxima, impondo uma orientação inicial errônea ou etnocêntrica que, muitas vezes, tem tendência a ser seguida, daí em diante, com firmeza”.
5. “Um limiar de disponibilidade elevado para itens particulares na passagem de aprendizagem que, muitas vezes, gera sentimentos de ansiedade ou de culpa, tal como nos casos de repressão”.
6. Aspectos vagos, difusos, ambíguos, imprecisos ou confusos do material de aprendizagem, cujos significados não são claros ou são obscuros.
7. “Apoio afetivo e/ou ativação da motivação inadequada: intenção deliberada ou explícita deficiente para aprender (aprendizagem incidental); mobilização, concentração da atenção e de esforço insuficientes; insuficiente envolvimento do ego e interesse de aquisição de conhecimento sem geral e, também, no que toca à matéria particular da passagem de instrução”.
8. “A aprendizagem, retenção e esquecimento significativos são maximamente facilitados ou inibidos por determinadas propriedades designadas das ideias ancoradas relevantes (i.e., variáveis da estrutura cognitiva), pouco depois de as últimas ideias interagirem com as do material de instrução correspondentes. Estas variáveis incluem a disponibilidade de ideias ancoradas adequadamente relevantes, específicas e particularizadas que são claras, estáveis e discrimináveis de outras ideias relacionadas e

semelhantes, de forma confusa, quer da passagem de instrução, quer da estrutura cognitiva”.

9. “Não se desempenhou um número suficiente de repetições, experiências práticas ou ensaios para se estabilizar a força de dissociabilidade e um nível adequado de estabilidade”.

10. “Alterações degenerativas, tóxicas e traumáticas nas células neuronais e/ou fibras de características neurológicas específicas, responsáveis pela retenção e armazenamento de casos de experiências e de informações apreendidas, tal como na doença de Alzheimer”.

11. “Necessidades de aspiração e atitudes autocríticas deficientes por parte do aprendiz para adquirir ideias e conhecimentos claros, precisos, estáveis e verídicos, a partir das fontes disponíveis para ele”.

12. “Capacidade de aprendizagem verbal, de retenção e intelectual para apreender, compreender e transferir conceitos e proposições verbais” (AUSUBEL, 2003, p.120).

Causas do esquecimento na fase de retenção significativa e reprodução (AUSUBEL, 2003, p. 121).

1. “De acordo com a observação anteriormente referida de que a maioria dos processos que explicam o esquecimento no decurso da aprendizagem e da retenção significativas também se pode encontrar nas três fases dos vários mecanismos ou processos subjacentes à aquisição, retenção e consolidação de conhecimentos. Nove das doze causas de esquecimento na fase de aprendizagem significativa, listadas e identificadas separadamente, também operam nas fases de retenção e de reprodução – com duas notáveis exceções nas causas de esquecimento, cujos efeitos influenciam a primeira fase, mas não as outras duas. As duas exceções são os efeitos de (1) mobilização e concentração de atenção e de esforços inadequadas e (2) insuficiente envolvimento do ego, interesse e atitudes autocríticas no que toca quer à aquisição, quer à retenção de conhecimentos”.

2. “Sob uma forte motivação, um indivíduo pode ‘lembrar-se’ que outra pessoa, anteriormente próxima dele, mas não alienada, é culpada de determinados atos desonrosos, indignos ou abomináveis. Estas malevolências são emprestadas de livros, jornais, revistas, filmes, televisão, etc., e são, simplesmente, inseridas no armazém de memórias dessa pessoa. De forma a instalar todas as inserções, pode alargar-se a escala temporal, mediante os passos apropriados, e é possível que vários casos reais que ocorreram em diferentes alturas da vida nefasta da pessoa, sejam ‘lembrados’ como se tivessem ocorrido simultânea ou sucessivamente”, (AUSUBEL, 2003, p.121).

Considerando as formas e tipos de aprendizagem significativa, discutidas acima, Ausubel (2003) pontua duas condições para sua ocorrência:

- O indivíduo manifeste uma **predisposição para a aprendizagem** e uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva. Se o indivíduo apresenta a intenção de apenas memorizar, de modo arbitrário e literal, o processo de aprendizagem, bem como o seu produto, serão meramente mecânicos.
- O **material** seja **potencialmente significativo**, ou seja, aquele que possibilite a relação com a estrutura cognitiva do indivíduo de modo

intencional, e não arbitrário. Essa potencialidade depende: a) da natureza do material a aprender, que deve ser logicamente significativo de modo a poder relacionar-se de forma não arbitrária e substantiva as ideias correspondentes relevantes, e deverá também ser passível de compreensão humana; b) da estrutura cognitiva inerente a cada indivíduo que deverá apresentar ideias âncoras, específicas com as quais o novo material seja relacionável.

Ausubel (2003) discorre sobre quatro processos cognitivos ou princípios programáticos dos conteúdos curriculares para proporcionar uma maior facilidade de aprendizagem significativa apresentados na figura 4, sendo que os dois primeiros são considerados como sendo os principais.

O princípio da **diferenciação progressiva** está baseado em duas suposições: a) para os seres humanos, é mais fácil aprender aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir das suas partes; b) a organização de um conteúdo em particular, na mente do indivíduo, consiste numa estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas ocupam o ápice e incluem as proposições progressivamente menos inclusivas e mais diferenciadas.

O princípio da **reconciliação integrativa** é o da programação do material de aprendizagem segundo o qual o processo ensino-aprendizagem deve também explorar relações entre ideias e apontar similaridades e diferenças relevantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. A reconciliação integrativa é estabelecida quando os conceitos são relacionáveis de um determinado modo, possibilitando, dessa forma, a descrição de uma nova realidade.

Entende-se por princípio da **organização sequencial** o sequenciamento dos tópicos, ou unidades de estudo, de maneira tão coerente quanto possível com as relações de dependência naturalmente existentes na matéria de ensino.

No princípio da **consolidação**, o fator mais importante é o que o indivíduo já sabe. De acordo com esse princípio, a matéria deve ser contínua e assegurar uma alta probabilidade de êxito na aprendizagem sequencialmente organizada, insistindo-se no domínio do que está sendo estudado.

Os princípios programáticos dos conteúdos curriculares é que nos permite considerar a Teoria da aprendizagem significativa como referencial metodológico: a observância desses princípios é fundamental no processo de elaboração de um material didático potencialmente significativo como, por exemplo, uma sequência de ensino.

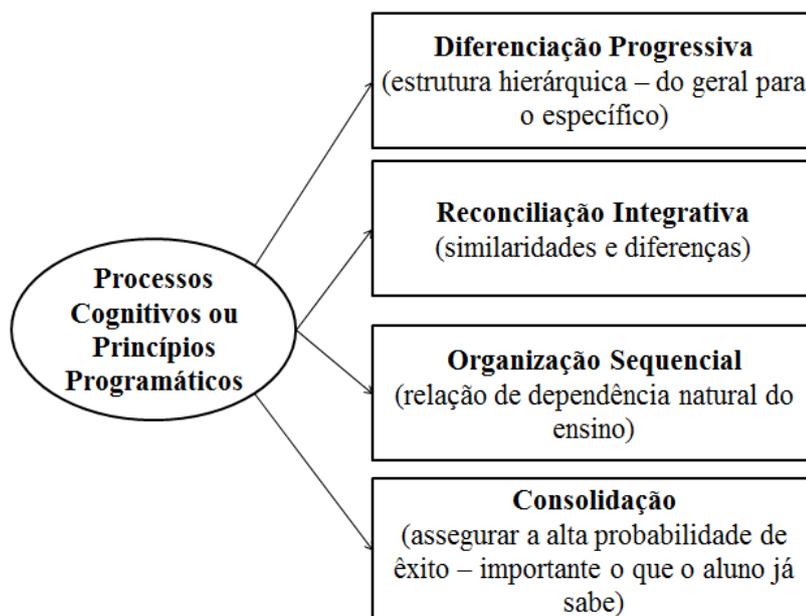


Figura 4 - Processos Cognitivos ou Princípios Programáticos. FONTE: a autora.

Após a elaboração do material potencialmente significativo, observando os princípios programáticos e execução da aula, é possível verificar a ocorrência da aprendizagem significativa a partir da avaliação dos procedimentos descritos abaixo (figura 5).

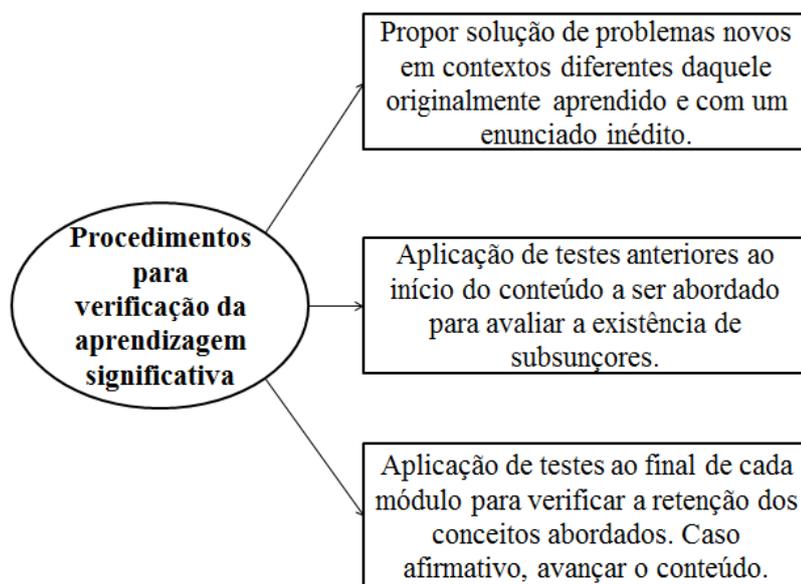


Figura 5 - Procedimentos para verificação da aprendizagem significativa. FONTE: a autora.

O primeiro procedimento para verificação da aprendizagem significativa refere-se à aplicação de uma atividade diferenciada (situação problema) para que o

sujeito possa resolver, aplicando os conceitos adquiridos durante a exposição de um conteúdo. Essa atividade não deve ser semelhante àquela trabalhada a título de exemplo, em sala de aula pelo professor, pois:

[...] quando se procuram provas da aprendizagem significativa, quer seja através de questionamento verbal, de aprendizagem sequencialmente dependente ou de tarefas de resolução de problemas, deve ter-se sempre em conta a possibilidade de memorização. Uma vasta experiência na realização de exames faz com que os estudantes se tornem adeptos da memorização, não só de proposições e de fórmulas chave, mas também de causas, exemplos, razões, explicações e formas de reconhecimento e de resolução de ‘problemas tipo’. Pode evitar-se melhor o perigo da simulação memorizada da compreensão significativa através de colocação de questões e de problemas que possuam uma forma nova e desconhecida e exijam uma transformação máxima de conhecimentos existentes (AUSUBEL, 2003.p.130).

A aplicação de testes no início dos trabalhos visa indicar a existência ou não de subsunçores na estrutura cognitiva dos sujeitos, para que novos conceitos possam ser apresentados aos mesmos e esses tenham possibilidade de ancoragem e posterior assimilação, bem como verificar a possibilidade dos sujeitos já possuírem algum conhecimento dos conceitos que serão abordados.

A aplicação de testes ao final refere-se a uma das formas de verificar a ocorrência da aprendizagem significativa. Por meio de uma comparação do primeiro com o último teste o pesquisador pode indicar se houve ou não uma assimilação dos conceitos abordados durante uma aula, ou uma pesquisa. Assim pode-se verificar a retenção do conteúdo abordado (CARDOSO, 2011).

Esses procedimentos de verificação da aprendizagem significativa é que nos possibilitam usá-la como referencial teórico para analisar o resultado da aplicação de uma sequência de ensino.

Como proposto pela Teoria da Aprendizagem Significativa, os sujeitos aprendem com maior facilidade, os conceitos de forma hierárquica. Assim apresentamos o mapa conceitual como forma de trabalhar os conceitos de maneira a facilitar a aprendizagem.

De acordo com Moreira (2006) um mapa conceitual consiste em um diagrama bidimensional em que são apresentadas relações entre conceitos, que podem ser interpretados de forma hierárquica, onde reflete a organização conceitual de um corpo de conhecimentos ou de uma parte desses. O uso de mapas conceituais é uma estratégia desenvolvida pelo Professor Joseph Novak, juntamente com os seus estudantes de pós-graduação com a finalidade de fornecer métodos que facilitam a aprendizagem.

A título de exemplo, a figura 6 apresenta um mapa conceitual da teoria da aprendizagem significativa.

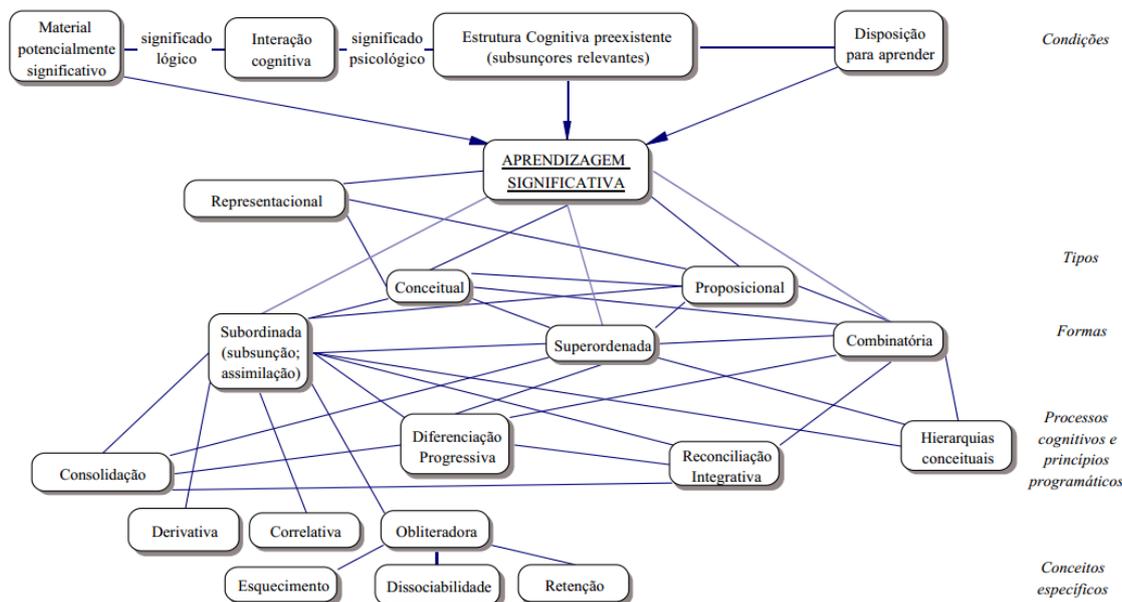


Figura 6 - Mapa conceitual da teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel. FONTE: MOREIRA (2006, p.3).

Segundo Moreira (2006), a figura 7 apresenta uma forma simplificada para se construir um mapa conceitual, levando-se em conta a diferenciação progressiva, proposta pela Teoria da Aprendizagem Significativa.

Por se tratar de uma estrutura hierárquica, os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem na parte superior do mapa, seguidos, de cima para baixo, na vertical, os conceitos mais específicos, sendo que as linhas que fazem a conexão dos mesmos indicam relação entre esses conceitos, tanto na vertical como na horizontal, porém na horizontal de forma menos estruturada.

Os mapas conceituais, por sua estrutura de organização, podem ser usados como recurso didático, de análise de conteúdo e de avaliação, ou mesmo verificação da aprendizagem significativa. Os mapas conceituais não são autoexplicativos, ou seja, requerem explicação por parte de quem o elaborou.

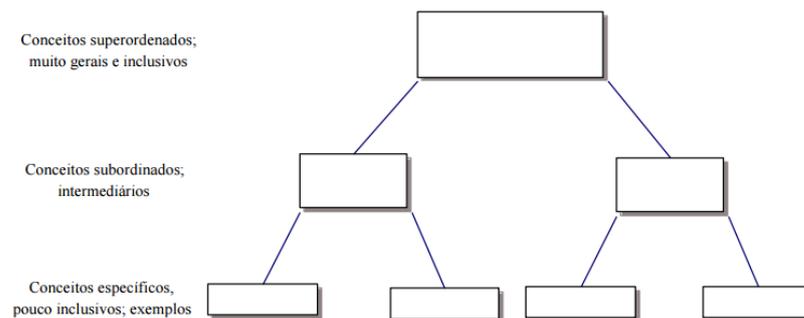


Figura 7 - Exemplo simplificado de um mapa conceitual. Fonte: Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf. Acesso em dez/2015.

Pode-se observar que existe uma estrutura hierárquica na sua construção em que os conceitos mais inclusivos aparecem na parte superior e os menos inclusivos na parte inferior. As figuras geométricas (retângulos) estão os conceitos mais relevantes que serviram de argumentação no desenvolvimento ao longo de todo o texto. As linhas que ligam os retângulos representam a relação entre os conceitos e as palavras escritas sobre as linhas que ligam dois retângulos, servem para expressar as relações existentes entre os dois conceitos apresentados nessas figuras (MOREIRA, 2006).

Moreira (2006) pontua como construir um mapa conceitual:

1. “Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos”.
2. “Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral (is), mais inclusive(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva”.
3. “Se o mapa se refere, por exemplo, a um parágrafo de um texto, o número de conceitos fica limitado pelo próprio parágrafo. Se o mapa incorpora também o seu conhecimento sobre o assunto, além do contido no texto, conceitos mais específicos podem ser incluídos no mapa”.
4. “Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem formar uma proposição que expresse o significado da relação”.
5. “Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas”.
6. “Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa”.
7. “Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos ou grupos de conceitos acabam mal situados em relação a outros que estão mais relacionados”.
8. “Talvez neste ponto você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou

à medida que você aprende seu mapa também muda. Um mapa conceitual é uma estrutura dinâmica, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz”.

9. “Compartilhe seu mapa com seus colegas e examine os mapas deles. Pergunte o que significam as relações, questione a localização de certos conceitos, a inclusão de alguns que não lhe parecem importantes, a omissão de outros que você julga fundamentais. O mapa conceitual é um bom instrumento para compartilhar, trocar e "negociar" significados”.

10. “Setas podem ser usadas, mas não são necessárias; use-as apenas quando for muito necessário explicitar” (MOREIRA, 2006, P. 43).

O uso de um mapa conceitual em sala de aula possibilita que o professor possa oferecer uma visão, para os estudantes, de dependência dos conceitos abordados.

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

Este capítulo destina-se à caracterização da pesquisa realizada nesse curso de mestrado e discussão dos referenciais que orientaram a elaboração da sequência de ensino, a construção dos instrumentos de coleta de dados e as classes utilizadas na análise dos resultados obtidos com a intervenção realizada. Apresentamos separadamente a metodologia de ensino utilizada para elaborar a construção da sequência de ensino e depois a metodologia de pesquisa, usada para elaboração dos instrumentos de coleta de dados e análise de resultados.

Optamos pelo desenvolvimento de uma pesquisa qualitativa considerando que a mesma possui como objetivo verificar o modo com que as pessoas analisam uma experiência, um evento ou uma ideia, ou ainda a demonstração lógica das relações entre conceitos e fenômenos, numa tentativa de explicar a dinâmica das relações entre sujeito e objeto. Ela não depende, portanto, de análises estatísticas para suas inferências ou de métodos quantitativos para a coleta de dados. Nesse tipo de pesquisa, destacam-se como dados qualitativos a descrição detalhada de fenômenos, citações diretas de pessoas sobre suas experiências, gravações ou transcrições de entrevistas e discursos, dentre outros (CÂMARA, 2013).

Esta pesquisa foi realizada com uma turma de 19 sujeitos, estudantes voluntários do terceiro período do curso técnico em alimentos do IFMS - Câmpus Coxim, no contra turno das aulas regulares. Eles eram do terceiro período e estavam cursando a disciplina de Física 2, cuja matriz curricular explora os tópicos de energia, estática e hidrostática. As aulas foram realizadas, no contra turno, em horário diferenciado, a fim de não prejudicar os estudantes em suas atividades regulares.

Esses sujeitos somente estudariam o conteúdo de calorimetria no semestre seguinte a abordagem de Física 2. Como o tempo destinado a realização do curso de mestrado não possibilitava esperar por seis meses para intervenção coincidir com a matriz curricular eles foram convidados a participar da mesma em horário diferenciado do das aulas regulares.

3.1 METODOLOGIA DE ENSINO

A intervenção foi elaborada para ser aplicada em seis etapas, composta de nove aulas: 1) aplicação de uma avaliação diagnóstica inicial (uma aula); 2) discussão sobre a História da evolução do conceito de temperatura e calor (duas aulas); 3) aula expositiva dialógica abordando o conceito de temperatura, calor e os tipos de propagação de energia sob a forma de calor (duas aulas); 4) realização de uma atividade de aplicação do estudo do calor associada a uma secadora de alimentos (duas aulas); 5) aula experimental demonstrativa utilizando uma secadora artesanal para amparar a discussão dos conceitos abordados em sala de aula (uma aula); 6) aplicação de uma avaliação diagnóstica final (uma aula).

A sequência de ensino foi elaborada com base na Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003). Inicialmente buscou-se conhecer o que os sujeitos sabiam (subsúncios necessários à ancoragem do estudo do calor) e a partir disso estruturou-se a sequência de ensino descrita no tópico seguinte.

3.1.1 A SEQUÊNCIA DE ENSINO

Visando promover uma diferenciação progressiva dos conceitos abordados durante a sequência de ensino, foram utilizados dois mapas conceituais (apêndice 2 e 3).

O mapa conceitual da estrutura da matéria (apêndice 2) foi utilizado como forma de apresentação dos conceitos necessários à abordagem do estudo do calor e o mapa conceitual do apêndice 3, foi utilizado para apresentar, também, de forma hierárquica os conceitos necessários à conservação de alimentos: temperatura, calor, equilíbrio térmico e dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor.

3.1.1.1 Abordagem histórica

Evolução do conceito de temperatura, calor, e equilíbrio térmico (duas aulas de 45 minutos cada)

A aula da História da Ciência foi elaborada a partir do texto do apêndice 6, com os seguintes objetivos: fornecer organizador prévio aos sujeitos que não os possuísse e, de material motivador para aqueles que já os apresentavam em sua estrutura cognitiva.

A decisão de explorar aspectos da História da Ciência como organizadores prévios está alicerçada em Pereira e Silva (2009) onde a mesma é vista como uma

ferramenta que pode amenizar os problemas relativos ao ensino de ciência. Seu emprego no processo de ensino auxilia na construção do conhecimento, sendo que uma abordagem histórica possibilita a percepção de que a ciência não é algo linear, ou seja, que os conceitos que hoje são aceitos pela comunidade científica foram produtos do pensamento de vários pesquisadores ao longo dos tempos, sendo um processo evolutivo de construção.

O mesmo entendimento foi proposto por Peduzzi et al, (1992) de que uma aula que explore a evolução dos conceitos, ajuda a manter o interesse dos estudantes para o conteúdo a ser explorado em sala de aula e também minimiza as dificuldades trazidas por eles com relação às concepções espontâneas .

Autores como Boss (2009), Filho e Caluzi (2000) realizaram também, uma discussão sobre o uso de texto histórico como organizadores prévios.

Segundo eles, a utilização de textos da História da Ciência, pode ser trabalhada como forma de fornecer conhecimentos importantes que auxiliem a aprendizagem significativa de conceitos. Desta forma, os textos históricos podem fornecer indícios de que os conceitos e teorias não são evidentes, promovendo um ensino que leva em conta a compreensão conceitual e a aprendizagem significativa.

As duas aulas, abordando a evolução do conceito de calor, temperatura e equilíbrio térmico, foram organizadas a partir do texto apresentado no apêndice 6, resultante de uma pesquisa bibliográfica realizada em dissertações, artigos e fontes primárias do saber científico.

Na primeira aula, foi abordada a história da evolução do conceito de calor. A aula teve início com a exposição do pensamento dos gregos, abordagem do experimento de Thompson nas fábricas de canhões e finalizando com a experiência de Joule sobre o equivalente mecânico do calor. A apresentação da evolução histórica até o experimento de Joule se justifica pelo fato de que, a partir deste, o conceito de calor foi concebido como uma forma de energia, tal como é aceito atualmente pela comunidade científica, e transposto para os livros didáticos de Física utilizados no Ensino Médio.

A segunda aula foi destinada à apresentação da evolução histórica do conceito de temperatura e do processo de construção do termômetro, assim como a sua influência no desenvolvimento conceitual de equilíbrio térmico.

Na elaboração do texto didático sobre a História do calor, da temperatura e do equilíbrio térmico, e também no desenvolvimento das aulas, buscou-se promover a descontextualização do saber científico e, posterior contextualização do saber a ensinar relacionado ao conteúdo de calorimetria, priorizando a evolução histórica desses conceitos (ERROBIDART, 2010).

Os conceitos foram abordados do geral para o específico com a finalidade de facilitar a aprendizagem significativa em que os sujeitos armazenam os conhecimentos de forma hierárquica.

3.1.1.2 O estudo do calor

Apresentação dos conceitos de temperatura, calor, equilíbrio térmico, formas de propagação do calor e suas aplicações no cotidiano (duas aulas de 45 minutos cada)

Para a preparação do material dessas duas aulas, foi utilizado o texto do apêndice anexo ao produto dessa dissertação, que trata da abordagem do conceito estabelecido para a temperatura, o calor e os tipos de propagação da energia sob a forma de calor que são aceitos hoje pela comunidade científica.

A primeira aula foi destinada à apresentação do conceito de temperatura, dos diferentes tipos de termômetros e de sua aplicação, principalmente daqueles que podem ser utilizados na indústria alimentícia.

A segunda aula abordou o conceito de calor, o equilíbrio térmico e os tipos de propagação da energia sob a forma de calor.

Durante as aulas, o conceito de temperatura, de calor, de equilíbrio térmico e dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor foi apresentado por meio de um mapa conceitual (apêndice 3 e 4). Considerando-se que é mais fácil para os sujeitos assimilarem os conceitos de forma hierárquica, ou seja, do geral para o específico, o mapa conceitual possibilitou, portanto, uma abordagem de forma que a cada novo conceito introduzido, fosse apresentado a sua ligação com conceitos abordados em momentos anteriores.

Nessa etapa, as aulas buscaram apresentar a contextualização do estudo do calor com o cotidiano dos estudantes, por meio da aplicação destes, em aparelhos de ar condicionado, aquecedores, geladeiras, aquecedores solares etc.

3.1.1.3 Atividade de aplicação do estudo do calor na secagem de alimentos

Atividade em grupo (duas aulas de 45 minutos cada)

Na primeira aula dessa etapa, com vistas a se verificar a ocorrência da aprendizagem significativa, foi proposta uma atividade de aplicação do estudo do calor na secagem de alimentos. Essa prática teve como objetivo constatar a capacidade dos sujeitos de usarem os conceitos apresentados em sala de aula em uma nova realidade, uma atividade problema: elaborar um aparato fazendo uso dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor, visando à secagem de frutas.

Cada grupo recebeu folha de papel, lápis, borracha, régua e um conjunto de orientações para guiar a discussão sobre a elaboração do aparato, conforme apêndice 5.

Assim, os sujeitos se reuniram em grupos e, de posse do conjunto de orientações, desenvolveram a atividade de aplicação do estudo do calor na secagem de frutas. O uso de um gravador em cada grupo possibilitou o registro dos dados.

A segunda aula foi destinada à apresentação dos trabalhos desenvolvidos conforme a orientação proposta para a atividade. Cada grupo dispunha de 10 minutos para a apresentação e para responder às questões propostas pela pesquisadora. Os sujeitos se dirigiram então para o quadro, fizeram o desenho do projeto desenvolvido e, utilizando os tipos de propagação de energia sob a forma de calor, justificaram o aparato idealizado.

Durante a apresentação de cada grupo, foram gravadas as falas dos sujeitos bem como a da pesquisadora, que fez intervenções para conseguir o maior número de informações possíveis com relação ao aparato planejado e à aplicação dos conceitos abordados em sala de aula durante esta atividade. Essa gravação serviu como forma de coleta de registros para posterior análise dos dados.

3.1.1.4 Aula demonstrativa utilizando uma secadora artesanal

Demonstração de uma secadora artesanal utilizada para auxiliar na discussão dos conceitos abordados em sala de aula (uma aula de 45 minutos)

3.1.1.4.1 A secadora solar de frutas

A secadora solar artesanal foi construída pela pesquisadora com o objetivo de ser utilizada num momento posterior ao da atividade em que os sujeitos foram solicitados a elaborarem um aparato para realizar a secagem de frutas, empregando os conceitos físicos discutidos nas aulas do estudo do calor.

Durante a atividade com o uso de uma secadora solar artesanal de frutas, os sujeitos tiveram a oportunidade de explorar, de fato, um aparato usado na secagem de frutas e que faz uso dos processos de propagação da energia sob a forma de calor durante o processo, figura 8. Esta atividade possibilitou aos sujeitos, fazerem uma comparação da secadora de frutas com o aparato idealizado pelos mesmos na etapa anterior da sequência de ensino.

Ela (figura 8) é composta por uma caixa de metal galvanizado no formato retangular, com duas aberturas nas faces menores. A abertura para saída do ar quente encontra-se na face posterior e acima da linha divisória dessa face; a destinada à entrada do ar frio está localizada na face oposta e abaixo da linha divisória (figura 9A e 9B). Essas aberturas foram cobertas com uma tela de malha fina para proteger o alimento da possível entrada de moscas ou outros insetos que pudessem deteriorar o alimento. A secadora possui uma tampa de vidro para a entrada de luz solar, em um quadro de madeira, para facilitar o manuseio, sendo que o vidro é destinado à retenção da energia sob a forma de calor no interior da secadora. Em seu interior, encontra-se uma bandeja feita de tela (malha fina), destinada à disposição do alimento para secagem.

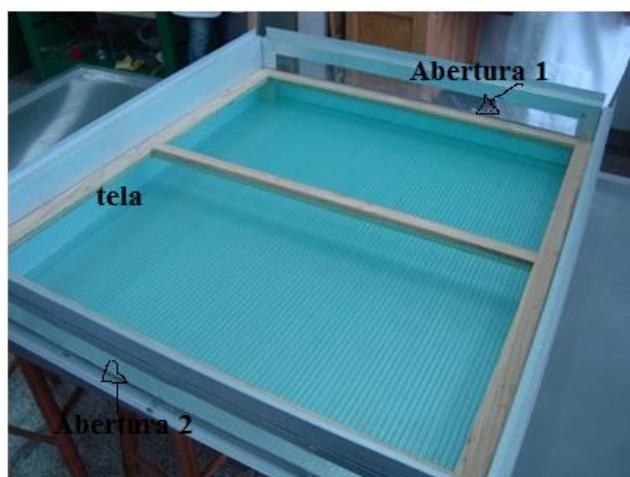


Figura 8 - Secadora solar artesanal de frutas. Fonte: a autora.



Figura 9 - Secadora solar artesanal de frutas. Fonte: a autora.

3.1.1.4.2 A atividade no laboratório com o uso da secadora

A atividade fazendo uso da secadora solar artesanal de frutas foi realizada no laboratório didático de física, no qual a mesma se encontrava posicionada sobre uma das bancadas, ao redor da qual os sujeitos se dispuseram.

Num primeiro momento a pesquisadora ficou em silêncio e deixou os sujeitos fazerem o reconhecimento da secadora e fazerem uma comparação desta com a proposta de aparato elaborada na aula anterior.

Após o tempo destinado à observação da secadora, a pesquisadora iniciou uma discussão dos conceitos físicos que orientaram a seleção de materiais, o formato da secadora e do processo de secagem dos alimentos pela propagação da energia sob a forma de calor.

Toda a atividade foi gravada, e as falas transcritas para posterior análise.

3.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.2.1 OS INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

3.2.1.1 AS AVALIAÇÕES DIGNÓSTICAS

No capítulo anterior, na discussão da Teoria da Aprendizagem Significativa, pontuamos a necessidade de verificar o que os sujeitos já sabiam em relação aos conceitos subsunçores e a proposição de uma atividade diferenciada para verificar se eles conseguiam aplicar, em outra situação, que não aquela abordada em sala de aula, o conceito explorado na sequência de ensino. Para tal, Ausubel (2003) sugere a aplicação de testes para constatar a existência dos conceitos na estrutura cognitiva dos

estudantes/sujeitos e uma discussão sobre como verificar a ocorrência da aprendizagem significativa.

Para elaborar esses testes, fizemos uso dos objetivos relacionados ao domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom. De acordo com Ferraz e Belhot (2010), a Taxonomia de Bloom consiste em um instrumento de apoio ao planejamento didático-pedagógico, com a finalidade de organizar e controlar os objetivos da aprendizagem.

Independentemente dos níveis de aquisição de conhecimento, esse instrumento fornece respaldo para que o docente possa desenvolver instrumentos de avaliação e diferentes estratégias, com a finalidade de promover e estimular o desempenho dos estudantes. Possui ainda a vantagem de promover um estímulo nos professores para que estes possam auxiliar os seus alunos a adquirirem competências específicas e terem a percepção de que eles, em um primeiro momento, possuem a capacidade de dominar habilidades mais simples para depois dominar as mais complexas.

Essa ciência de classificação é dividida em três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor. De acordo com Ferraz e Belhot (2010), o domínio cognitivo está relacionado com: conhecimentos, habilidades, atitudes e desenvolvimento intelectual. Nesse domínio estão as categorias: Conhecimento, Compreensão, Aplicação, Análise, Síntese e Avaliação. O domínio afetivo está relacionado aos sentimentos e à postura e dele fazem parte as categorias: Receptividade, Resposta, Valorização, Organização, e Caracterização. Já o domínio Psicomotor está relacionado a habilidades físicas específicas, com o seguinte conjunto de categorias: Imitação, Manipulação, Articulação e Naturalização. Dos três domínios, o cognitivo é o mais conhecido e utilizado.

O quadro 4 apresenta uma breve estruturação da Taxonomia de Bloom no domínio cognitivo, segundo Ferraz e Belhot (2010).

Quadro 3 - Estrutura da Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo.

Categoria	Breve Descrição	Alguns Verbos utilizados
CONHECIMENTO	Capacidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados.	Enumerar, definir, descrever, denominar, listar etc.
COMPREENSÃO	Habilidade de compreender e dar significado ao conteúdo.	Construir, descrever, definir, interpretar etc.
APLICAÇÃO	Disposição de usar informações e conteúdos em novas situações concretas.	Esboçar, demonstrar, desenvolver, construir, empregar etc.
ANÁLISE	Aptidão de subdividir o conteúdo em partes menores com a finalidade de entender a estrutura final.	Analisar, classificar, comparar, identificar testar etc.
SÍNTESE	Habilidade de agregar e juntar partes	Construir, criar, explicar,

	com a finalidade de criar um novo todo.	inventar, estruturar etc.
AVALIAÇÃO	Capacidade de julgar o valor material para um propósito específico.	Avaliar, validar, detectar, estimar, selecionar, comparar etc.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010).

De acordo com Ferraz e Belhot (2010), o desenvolvimento cognitivo deve seguir uma estrutura hierárquica de tal forma que os estudantes possam ser capazes de aplicar e transferir um conhecimento previamente adquirido. Para isso, no entanto, é essencial um planejamento bem elaborado no que diz respeito aos objetivos, à delimitação do conteúdo e à escolha dos métodos de avaliação, a fim de se mensurar o que foi aprendido e se direcionar de forma correta o processo educacional.

Nesse sentido, a Taxonomia de Bloom tem-se mostrado significativamente válida, pois possibilita classificar os objetivos, do mais simples para o mais complexo, com a finalidade de estruturar, planejar e organizar disciplinas, cursos etc. (FERRAZ E BELHOT, 2010).

De acordo com Moreira e Rosa (2008), para elaborar, com qualidade, as questões de uma avaliação diagnóstica, deve-se seguir alguns critérios: a) escolha do número de questões e a área a ser coberta (assunto a ser tratado); b) classificação das questões de acordo com o grau de dificuldade; c) ordenação das questões obedecendo ao nível de dificuldade (do menor para o maior) e verificando o que deverá ser medido; d) construção de um mapa de conceitos.

Tomando como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa, a Taxonomia de Bloom e as orientações de Moreira e Rosa (2008), as questões da Avaliação diagnóstica foram elaboradas com a finalidade de verificar a presença dos conceitos relacionados ao estudo do calor na conservação de alimentos presentes na estrutura cognitiva dos sujeitos pesquisados. Tendo em vista que, na Teoria da Aprendizagem Significativa a assimilação dos conceitos é identificada quando os sujeitos conseguem aplicá-los em uma nova situação concreta, as questões buscavam informações associadas às três primeiras categorias do domínio cognitivo: conhecimento, compreensão e aplicação.

Essa forma de elaborar as questões nos possibilita avaliar a aprendizagem significativa como um processo em que o sujeito, para atingir os objetivos listados na aplicação, deve necessariamente ter alcançado os das categorias de conhecimento e

compreensão. Se ele respondeu a questão atingindo o objetivo da categoria de aplicação é possível inferir que o mesmo aprendeu significativamente. Entretanto, se sua resposta evidencia que ele não conseguiu aplicar esse conceito, mas apresenta indícios de que o conhece e compreende temos indícios para sugerir que a aprendizagem encontra-se em processo de construção.

Considerando esse entendimento elaboramos as seis questões da avaliação diagnóstica (apêndice 1) abordando, conforme indicado no quadro 4, os objetivos associados a cada uma das categorias utilizadas.

Quadro 4 - Descrição das questões de acordo com as categorias do domínio cognitivo subunçores

Questão	Conhecimento	Compreensão	Aplicação
Q1	a) Reproduzir desenho de livro didático (bolinhas juntas, pouco separadas e muito separadas) Entender o conceito e dar novo significado apresentando uma ilustração diferente da evidenciada nos livros, mas cientificamente correta (sólido com distância fixas e sem recipiente; líquido dentro de um recipiente e sem distâncias fixas entre as moléculas e gases dentro de um recipiente tampado, por exemplo, e indicando o grau de liberdade das moléculas)		
	b) Descrever as estruturas e características		
Q2	Conhecer o significado de massa e volume, identificando que a balança indica que os corpos possuem a mesma massa e que o corpo 2 possui maior volume	Explicar o conceito de densidade a partir da relação entre massa e volume pontuando que o corpo 2 terá uma densidade menor pois possui um volume maior.	
Q3	Conhecer as terminologias (massa, volume e densidade) e a definição conceitual de densidade como relação entre a massa e o volume.	Utilizar o conteúdo para explicar a situação contextualizada, pontuando que o estufado sinaliza um aumento de volume (que não é resultado de variação de temperatura), mas que como a massa não sofreu alteração a densidade do corpo/embalagem diminuiu.	Aplicação - interpretar que a alteração da densidade do produto embalado é resultante da alteração no volume, mas que essa não está relacionada a um aumento da temperatura do corpo, mas consequência do processo de deterioração.

4	a	Lembrar que a temperatura é a medida do grau de agitação térmica das partículas que constituem um corpo.	Entender a relação entre a vibração das partículas e a temperatura do corpo definindo que uma temperatura alta está associada a uma vibração intensa das partículas e que em baixas temperaturas a vibração é mais discreta.	
	b	Identificar as terminologias e a definição de densidade como a relação entre massa e volume	Reconhecer que o aumento do grau de agitação térmica provoca um aumento temperatura e de volume durante o processo de cozimento, mas que a massa não é influenciada pela temperatura da mesma forma que o volume (qualquer variação de temperatura provoca alteração da massa).	Analisar que durante o cozimento quando a temperatura atinge 100°C (ao nível do mar) a massa também sofre uma alteração, pois o alimento perde água devido a temperatura de mudança de estado físico da matéria.
	c	Lembrar que corpos com diferentes temperaturas quando colocados em contato, tendem ao equilíbrio térmico.	Reconhecer que as partículas da geleia e as do termômetro terão o mesmo grau de agitação térmica e, portanto a mesma temperatura quando o termômetro é inserido na geleia em cozimento.	
5	a)	Reconhecer no texto as características de um processo de troca de energia na forma de calor denominado convecção que apresenta alterações no volume e densidade e que isso provoca a "troca" de posição das partículas.	Elaboração de um texto explicando que o processo descrito é denominado de convecção e que o aumento da temperatura das moléculas de água na parte inferior do recipiente ocorre porque o fogo cede energia ao recipiente que se aquece por condução. Essa energia provoca o aumento da vibração das moléculas de água em contato com a superfície, o que ocasiona aumento de temperatura com conseqüente aumento de volume e diminuição da densidade e que isso é o que provoca a "troca" de posição entre as moléculas.	
	b)	Definir calor como energia em trânsito entre dois corpos com temperaturas diferentes		
	c)	Lembrar as terminologias: condução, convecção e irradiação.		
6		Descrever/desenhar um aparato (caixa) e prever o	.Explicar como os processos de processos estão relacionados	Aplicar corretamente os conceitos físicos na

	emprego dos processos de propagação de energia na forma de calor: condução, convecção e irradiação sem explicar.	com a escolha do material para a construção da caixa.	proposta de construção de um equipamento/aparato para a secagem de alimentos explicando em detalhes suas escolhas.
--	--	---	--

3.2.1.2 A ATIVIDADE DE APLICAÇÃO DO ESTUDO DO CALOR NA SECAGEM DE ALIMENTOS

Para essa atividade foi proposto aos sujeitos que idealizassem um aparato, que fazendo uso dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor, pudesse ser utilizado como forma de secagem de frutas.

Os sujeitos foram divididos em grupos para discussão dos materiais a ser usado, o formato do aparato, a disposição das frutas, bem como os métodos de propagação da energia sob a forma de calor que seriam aplicados nesse aparato, com a finalidade de aumento de vida útil das frutas.

Ao final dessa discussão, os sujeitos fizeram a exposição, em forma de desenho, do aparato idealizado, bem como a justificativa de tal idealização.

3.2.1.3 ATIVIDADE COM O USO DE UMA SECADORA SOLAR ARTESANAL

Nesta etapa, foi apresentada uma secadora solar artesanal de frutas, construída para a discussão dos conceitos trabalhados em sala de aula.

Esta atividade, que também foi utilizada para verificação da ocorrência da aprendizagem significativa, possibilitou que os sujeitos pudessem fazer uma comparação do aparato desenvolvido da etapa anterior com uma secadora solar de alimentos.

3.2.2 A TRANSCRIÇÃO DAS FALAS

Para realizar a transcrição das falas coletadas pelos instrumentos de registro, fizemos uso de Marcuschi (2003), o qual pontua que a primeira forma de linguagem a que estamos expostos e que possivelmente seja a única que abandonaremos pela vida afora, é a conversação, pois consiste numa forma de interação entre as pessoas.

Uma análise feita da conversação aponta como característica principal a interação verbal centralizada que se desenvolve durante o tempo em que duas ou mais pessoas que conversam voltam sua atenção visual e cognitiva para uma tarefa comum. Esse tipo de conversação requer que os interlocutores estejam face a face, pois apenas uma verificação de ações físicas não pode ser caracterizada como uma conversação.

Marcuschi (2003) considera que, para sustentar uma conversação, são necessários pelo menos duas pessoas e que essas possam compartilhar um mínimo de conhecimento comum.

Assim, para análise das falas dos sujeitos foi realizada uma adaptação de Cardoso (2011). Ele fornece elementos necessários para análise das falas dos sujeitos participantes de uma pesquisa, e para que se obtenha sucesso na análise dessas falas, é necessário que a transcrição seja de boa qualidade.

Sendo assim, foi utilizado o método de transcrição de falas de Marcuschi (2003), onde há uma indicação de que a transcrição deve ser limpa e legível, sem sobrecarga de símbolos complicados,

Foi usada também a tabela de símbolos (anexo 1) para se conseguir uma melhor transcrição das falas dos sujeitos.

3.2.3 AS CLASSES DE ANÁLISE

3.2.3.1 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Para analisar as respostas elaboradas pelos sujeitos para as questões presentes nas avaliações diagnósticas, inicial e final realizamos uma adaptação das classes de análise elaboradas por Cardoso (2011) a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa. Ele classificou os grupos de respostas da avaliação inicial, a qual denominou de pré-teste nas seguintes classes:

- **Subsunçor Presente (SP):** nesta classe enquadram-se as respostas dos sujeitos que detinham o conhecimento, sendo esse adquirido em outras circunstâncias. Assim, os sujeitos classificados como possuidores dos subsunçores estariam aptos a receberem novas informações a serem ancorados nesses conhecimentos presente.

- **Subsunçor Ausente (AS):** esta classe agrupou os sujeitos que não responderam à questão e também aqueles que de certa forma não apresentaram respostas que demonstrassem uma relação lógica com o fenômeno que envolvia a questão.
- **Subsunçor Mal Definido (SMD):** os sujeitos enquadrados nessa classe foram aqueles que apresentaram respostas fazendo uso de conceitos pertinentes à situação, mas não relacionáveis de forma correta com a pergunta em questão.

Com relação aos grupos de classes estabelecidas para o pós-teste, Cardoso (2011) fez a seguinte classificação por semelhança de respostas:

- **Conceito Satisfatório (CS):** sujeitos que responderam à questão de forma correta e clara nos conceitos descritos.
- **Conceito Ausente (CA):** respostas dos sujeitos que não apresentaram nenhum entendimento sobre a questão.
- **Conceito Insuficiente (CI):** sujeitos que apresentaram em suas respostas conceitos mal definidos ou de forma que não fosse clara.

Como utilizamos um mesmo conjunto de questões para a avaliação diagnóstica inicial e final e fizemos uso da Taxonomia de Bloom para elaborar as questões, realizamos uma adaptação segundo nossos objetivos, cujas classes são apresentadas abaixo:

Conceito presente: aquela em que as respostas sinalizavam a presença do subsunçor procurado;

Conceito em Construção: aquela em que as respostas indicavam a presença incompleta do subsunçor, ou que este estivesse em fase de construção;

Conceito não Identificado: questões em que os estudantes não apresentaram o subsunçor procurado.

Questão em Branco: aquelas que não foram respondidas pelos estudantes.

3.2.3.2 ATIVIDADE DE APLICAÇÃO DO ESTUDO DO CALOR NA SECAGEM DE ALIMENTOS

Para a análise da atividade de aplicação do estudo do calor na secagem de alimentos, a qual os grupos foram solicitados a elaborarem uma proposta de aparato

para a secagem de frutas aplicando o conceito de temperatura, de calor e dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor, foram utilizadas duas classes de resposta: apresentação satisfatória e apresentação parcialmente satisfatória.

- **Apresentação satisfatória:** considerou-se que houve um entendimento de assimilação do conteúdo explorado na sequência de ensino entre os sujeitos que indicaram: o metal para elaboração do material da secadora, tendo em vista que este é um bom condutor de energia térmica; apresentação da caixa da secadora com duas aberturas, sendo a inferior para a entrada de ar do ambiente e a superior, na face oposta, para a saída do ar quente, indicando que houve o entendimento do processo de convecção do interior da secadora; colocaram uma tampa de vidro na secadora, para a retenção da energia sob a forma de calor, uma vez que o vidro não é um bom condutor de calor; dispuseram o alimento em uma grade para facilitar a circulação do ar pelo processo de convecção, indicando que a fonte principal de energia é a radiação solar.
- **Apresentação parcialmente satisfatória:** apresentações em que os sujeitos não pontuaram corretamente os processos de transferência de energia na forma de calor; não pontuaram de forma correta os materiais utilizados e a razão para uso desses; apresentaram as aberturas em locais inadequados.

Nessa etapa, os dados foram coletados a partir da gravação das falas dos sujeitos durante a atividade, as quais foram transcritas para posterior análise.

Como forma de análise dessas falas, buscou-se nessas transcrições evidências da assimilação do conceito de temperatura, do calor e dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor aplicada a uma nova situação: elaboração de uma proposta de aparato para secagem de frutas.

Na classe apresentação satisfatória, foram enquadrados os grupos que pontuaram os conceitos corretamente para os processos de transferência de energia sob a forma de calor na elaboração do aparato, bem como o material utilizado e a forma de disposição do alimento na bandeja.

Na classe parcialmente satisfatória, aqueles que empregaram os conceitos de propagação da energia sob a forma de calor de maneira não coerente com a situação proposta.

3.3.3.3 AULA DEMONSTRATIVA UTILIZANDO UMA SECADORA SOLAR ARTESANAL

Durante a atividade de demonstração da secadora solar artesanal, os sujeitos, nos primeiros 10 minutos, tiveram a oportunidade de fazerem uma discussão entre si, com o objetivo de propiciar aos mesmos uma identificação de semelhanças e diferenças entre a proposta de aparato por eles elaborada e a secadora artesanal de frutas construída com base na aplicação dos processos de transferência de energia sob a forma de calor.

Após esse tempo a pesquisadora fez intervenções com o propósito de conseguir o maior número de informações possíveis quanto à aplicação dos conceitos abordados em sala de aula, na secagem de alimentos.

Também foi realizada uma comparação com o processo de secagem artificial/industrial de frutas utilizado nas aulas práticas do curso técnico em alimentos.

Todo esse processo foi gravado e transcrito segundo orientações de Marcuschi (2003), e posteriormente analisado.

Para análise das falas transcritas, considerou-se o envolvimento dos sujeitos na discussão do emprego dos conceitos de condução, convecção e radiação para a secagem de frutas na secadora solar artesanal.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E ANÁLISE

O presente capítulo tem por finalidade fazer uma análise da sequência de ensino aplicada para o estudo do calor associado à conservação de alimentos, pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Antes do início da sequência de ensino foi aplicada uma Avaliação Diagnóstica Inicial (apêndice 1).

As questões foram classificadas em classes, conforme descrição realizada no capítulo de metodologia de ensino: Conceito Presente, Conceito em Construção, Conceito não Identificado e Resposta em Branco (CARDOSO 2011).

O resultado da Avaliação Diagnóstica Inicial (ADI), apresentado no tópico abaixo, descreve de forma geral o desempenho dos sujeitos, mediante as questões propostas, quanto à presença ou não dos subsunçores relativos ao estudo do calor, necessários à aplicação na secagem de alimentos e, de acordo com as categorias estabelecidas (conhecimento, compreensão e aplicação) da Taxonomia de Bloom, Ferraz e Belholt (2010).

4.1 AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA INICIAL

4.1.1 RESULTADO E ANÁLISE

A primeira parte da análise da Avaliação Diagnóstica Inicial (apêndice 1) ,foi realizada de forma a se obter uma visão geral da presença ou não dos conceitos explorados em cada uma das questões.

As três primeiras questões buscaram identificar a presença de subsunçores necessários à ancoragem dos novos conceitos que seriam explorados na sequência de ensino: temperatura, equilíbrio térmico, calor e os processos de propagação da energia sob a forma de calor.

As duas questões seguintes buscaram evidenciar se os sujeitos já tinham algum tipo de conhecimento desses novos conceitos, e a última questão buscou indícios de entendimento da aplicação desses conceitos em uma situação concreta na secagem de alimentos.

O gráfico 1 apresenta o quantitativo de respostas por sujeito e por classe previamente estabelecida.

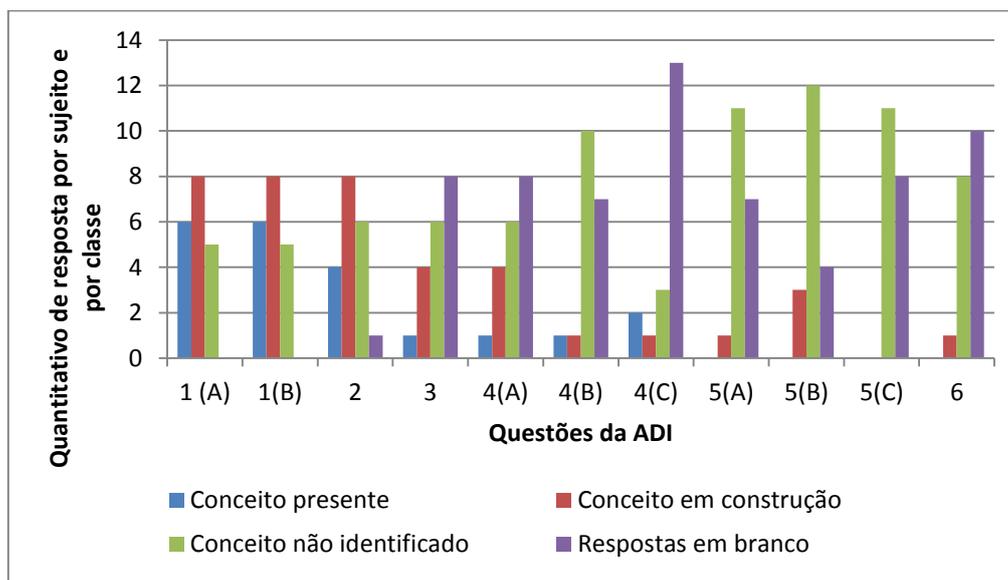


Gráfico 1 - Quantitativo de respostas por sujeito e por classe, na ADI. Fonte: a autora.

A primeira questão buscava identificar a presença do subsunçor relacionado aos estados de agregação da matéria: sólido, líquido e gasoso. Os resultados apresentados no gráfico 1 indicam que apenas seis sujeitos possuíam os subsunçores presentes em suas estruturas cognitivas, na categoria conhecimento e compreensão (referente ao item A), e seis sujeitos foram enquadrados na classe compreensão (referente ao item B). Na classe conceito em construção, o item A totalizou oito sujeitos e o item B, também oito sujeitos. Os outros sujeitos, ao elaborarem suas respostas, não apresentaram entendimento do subsunçor procurado. Nenhum dos sujeitos deixou de responder à esta questão.

A segunda questão, que buscou por evidências do conhecimento e da compreensão do conceito de densidade, apresentou uma resposta em branco e seis sujeitos que não apresentaram o subsunçor relacionado ao conhecimento e compreensão do conceito de densidade. Quatro sujeitos apresentaram o entendimento desse conceito e oito sinalizaram que esse conceito encontra-se em fase de construção em sua estrutura cognitiva.

Na questão 3, que buscou pela aplicação do conceito de densidade nas classes conhecimento, compreensão e aplicação, identificamos apenas na resposta de um sujeito, a presença desse subsunçor. Na resposta de outros quatro, houve a sinalização de que o subsunçor estaria em fase de construção. Na classe conceito não identificado

foram enquadrados seis sujeitos que sinalizaram para a ausência do subunçor procurado.

A quarta questão buscou verificar se os sujeitos já possuíam um entendimento dos conceitos de temperatura e equilíbrio térmico, no caso, os novos conceitos que seriam abordados na sequência de ensino. O gráfico 1 indica que nos três itens, essa questão, foi a que mais apresentou respostas em branco. Na classe conceito presente, foi identificado um sujeito no item A, um sujeito no item B e dois no item C que sinalizaram para a presença dos conceitos em suas estruturas cognitivas. Do total, quatro sujeitos sinalizaram para o conceito em fase de construção no item A, um no item B e um sujeito no item C.

A quinta questão, que buscou por evidências na estrutura cognitiva dos sujeitos, do conceito de temperatura e dos tipos de propagação de energia sob a forma de calor, não apresentou respostas enquadradas na classe conceito presente para nenhum dos três itens dessa questão.

Evidencia-se ainda que essa questão foi a que apresentou o maior quantitativo de respostas enquadradas na classe conceito não identificado. Três sujeitos apresentaram os conceitos explorados no item B, na classe conceito em construção, e apenas um sujeito foi classificado nessa classe no item A.

Nas respostas elaboradas pelos sujeitos para a questão seis, que explorou a aplicação do estudo do calor na conservação de alimentos, não foi evidenciado nenhum sujeito com conceito presente. Apenas um sujeito sinalizou o processo de construção do conceito relacionado à aplicação na secagem de alimentos. Dos outros 18, dez não responderam a essa questão. Na classe conceito não identificado foram enquadrados oito sujeitos.

O gráfico 2 apresenta os resultados da ADI individualmente, possibilitando a observação do desempenho de cada sujeito de acordo com as classes estabelecidas. Vale salientar que temos o indicativo de 11 respostas, pois as questões 1, 4 e 5 são subdivididas em itens.

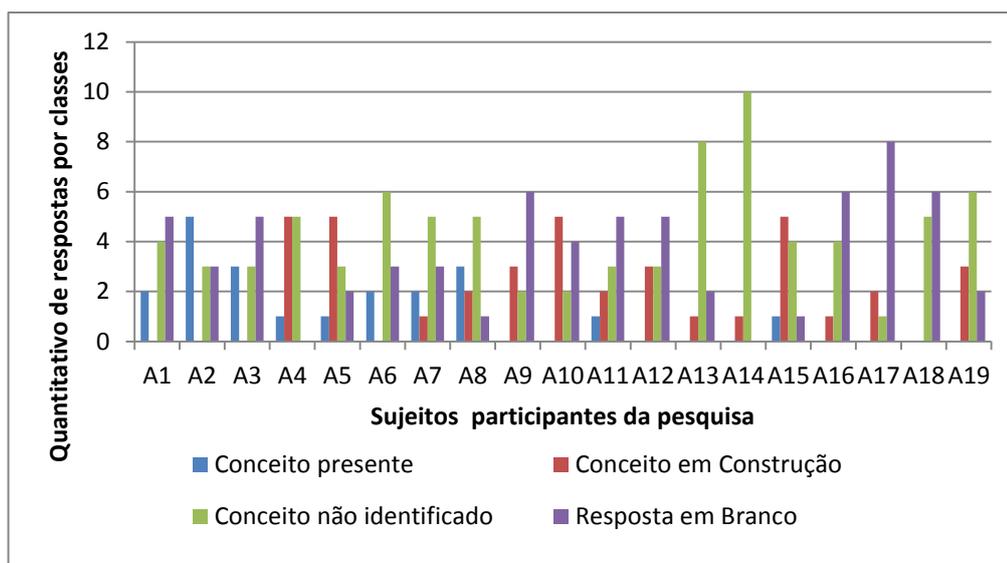


Gráfico 2 - Quantitativo de respostas por classe, na ADI. Fonte: a autora.

Observando o gráfico 2, verifica-se que a quantidade de respostas enquadradas nas classes conceito não identificado e resposta em branco supera o quantitativo de sujeitos que apresentaram o conceito presente ou em construção em suas estruturas cognitivas.

Dentre todos os participantes da pesquisa, destaca-se o sujeito A18, que não apresentou nenhum dos conceitos procurados, nem mesmo o conceito em fase de construção explorado nas questões da ADI. Quatro deles (A4, A5, A10 e A15) apresentaram uma quantidade maior de conceitos em fase de construção, superando assim os demais sujeitos da pesquisa.

Foi evidenciado que apenas o sujeito A2 se destacou no grupo de pesquisa, pois, apesar de não ter respondido a cinco itens da ADI, foi o que mais obteve respostas enquadradas na classe conceito presente.

Devido ao grande número de sujeitos enquadrados na classe conceito não identificado e à presença de respostas em branco, concluiu-se pela necessidade da utilização de organizadores prévios para realizar a ancoragem dos conceitos relacionados ao estudo do calor abordados na sequência de ensino.

Dentre as diferentes possibilidades de organizadores prévios que poderiam ser utilizados, optou-se pelo uso da História da Ciência, conforme justificativa apresentada no capítulo de metodologia. Assim, foi realizada uma discussão detalhada dos aspectos da História da Ciência como forma de promover a aquisição dos subsunçores

necessários para a ancoragem dos novos conceitos, o que serviu também como elemento motivador, para aqueles sujeitos que já possuíam esses conceitos.

4.2 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL

Ao final da etapa da sequência de ensino, foi aplicada uma Avaliação Diagnóstica Final (apêndice 4), com questões idênticas às utilizadas na Avaliação Diagnóstica Inicial, com o objetivo de verificar a contribuição da sequência de ensino para o processo de aprendizagem dos sujeitos.

Assim como na ADI, a Avaliação Diagnóstica Final (ADF) foi analisada e classificada com o emprego das classes descritas na metodologia: conceito presente, conceito em construção, conceito não identificado e resposta em branco.

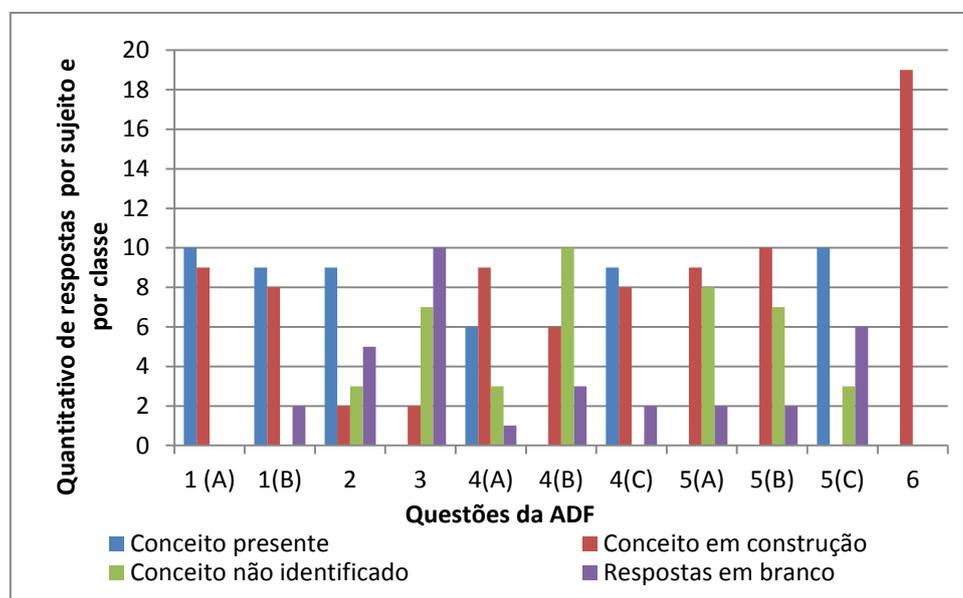


Gráfico 3 - Quantitativo de respostas por sujeito e por classe na ADF. Fonte: a autora.

Observando o gráfico 3, que apresenta o quantitativo de sujeitos enquadrados nas classes estabelecidas para cada uma das questões, verifica-se que a quantidade de respostas enquadradas como conceito presente e conceito em construção é superior às classes de conceito não identificado e questões em branco. Vale ressaltar que apenas a questão três apresentou um quantitativo de respostas em branco maior que as outras classes, fato que será analisado posteriormente.

O gráfico 4 apresenta uma descrição do enquadramento de cada sujeito nas quatro classes estabelecidas.

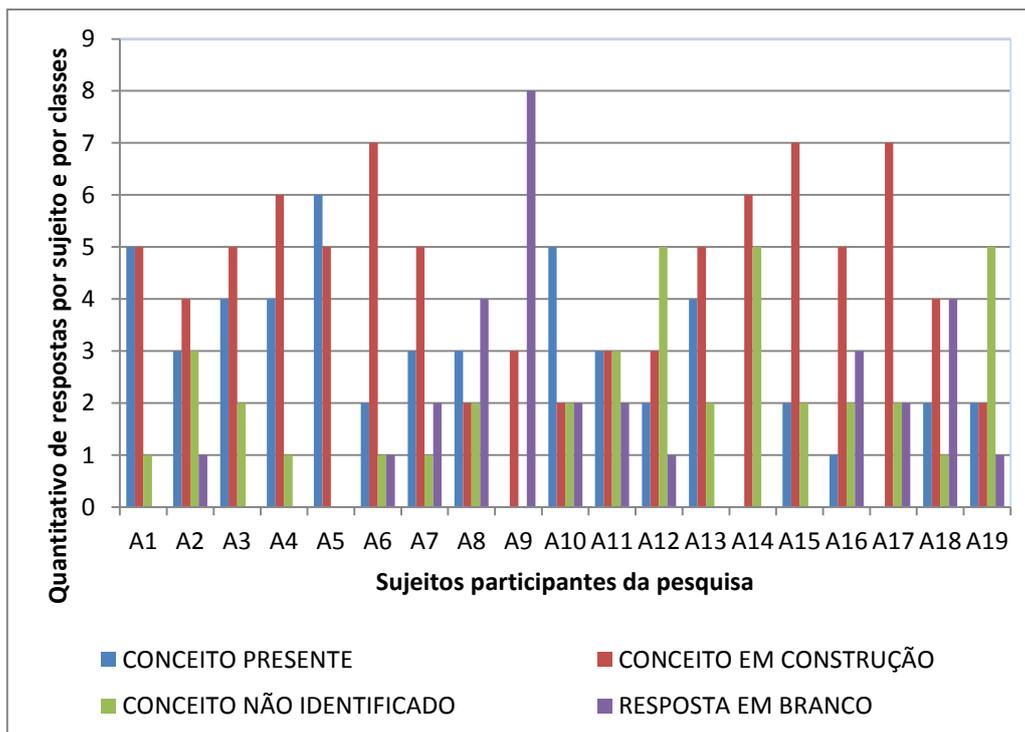


Gráfico 4 - Quantitativo de respostas por sujeito e por classe, na ADF. Fonte: a autora.

Observa-se também no gráfico 4, que a quantidade de respostas enquadradas nas classes conceito presente e conceito em construção é superior às demais classes.

Nesse sentido, o sujeito A5 se destacou dos demais participantes, pois respondeu a todas as questões e não apresentou questões enquadradas na classe, conceito não identificado. Dos onze itens da ADF respondidos por ele, cinco foram enquadrados na classe conceito presente e cinco, na classe conceito em construção.

O sujeito A7 também merece um destaque, pois, apesar de apresentar 3 questões enquadradas nas classes resposta em branco e conceito não identificado, o quantitativo enquadrado em conceito presente e em construção é bastante expressivo.

Dos demais sujeitos, vale citar: A1, A3, A4, A6, A7, A12, A13, A15, A16 e A17, por terem apresentado uma grande quantidade de respostas enquadradas nas classes conceito presente e conceito em construção.

Com relação à classe resposta em branco, percebe-se que o sujeito A9 foi o destaque nessa classe, apesar do restante de suas respostas serem todas enquadradas na classe conceito em construção.

4.2.1 Análise das questões da (ADF)

Na questão 1¹, solicitou-se que os sujeitos elaborassem um desenho que apresentasse a organização das moléculas nos diferentes estados da matéria (sólido, líquido e gasoso), citando as principais características desses estados. Considerando-se que a questão foi elaborada com base na categoria conhecimento, do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom, esperava-se que o sujeito reproduzisse conhecimentos explorados nos livros didáticos. No caso da descrição do estado sólido, ilustrasse partículas organizadas de forma sequencial, frisando como característica a indicação de forma própria. No líquido, um desenho com a representação do líquido dentro de um recipiente, com indicação da liberdade de movimento entre as partículas. Já no estado gasoso, deveria haver a indicação de que este ocupa todo o espaço disponível no recipiente, e que as partículas possuem maior grau de liberdade de movimento, em comparação com o líquido.

Observa-se que para essa questão obtivemos a maior parte das respostas classificadas nas classes conceito presente ou em construção. Como exemplo da primeira classificação, tem-se a resposta de A1, da segunda, a de A15, bem com os desenhos apresentados por estes, de acordo com as figuras 10 e 11.

Sólido: As moléculas no estado sólido se encontram bem unidas, por esse motivo a intensidade das moléculas é bem maior. Líquido: As moléculas no estado líquido se encontram um pouco distanciadas, por esse motivo a intensidade das moléculas é mediana. Os líquidos, de acordo com o seu volume, se moldam ao recipiente, ou seja, não possuem um formato próprio. Os líquidos também são de fácil penetração de objetos dependendo da densidade. Gasoso: As moléculas no estado gasoso se encontram bem distanciadas, por esse motivo, a intensidade das moléculas é grande. O gás se espalha para qualquer lugar dependendo do ambiente (SUJEITO A1).

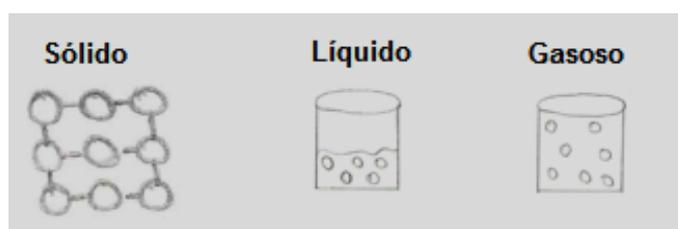


Figura 10 - Desenho elaborado pelo sujeito A1 para a questão 1 da ADF.

Sólido: moléculas organizadas; possui forma própria e as moléculas estão em vibração. Líquido: Moléculas desorganizadas; não possui forma própria e as

¹ Toda matéria é composta por pequenas partículas que ao serem agrupadas formam as moléculas. Essas moléculas possuem a capacidade de vibração em torno de seu próprio eixo, com maior ou menor intensidade. Essa vibração, dependendo da forma de organização da estrutura da matéria, classifica a matéria em sólida, líquida e gasosa. Para cada um dos estados de agregação da matéria apresentado abaixo, desenvolva a seguinte atividade: a) descreva (fazendo uso de um desenho) a forma como as partículas estão organizadas; b) descreva as principais características da matéria em cada uma das fases.

moléculas estão em vibração. Gasoso: Moléculas desorganizadas (separadas) e estão em vibração. (SUJEITO A15)

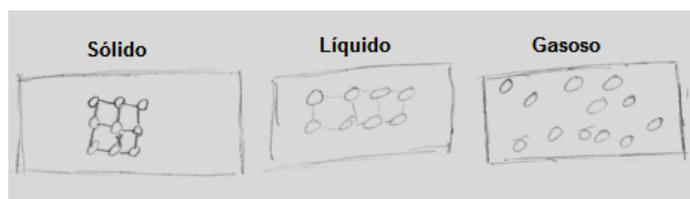


Figura 11 - Desenho elaborado pelo sujeito A15 para a questão 1 da ADF.

Para os três estados, o sujeito A15 pontua que as partículas estão em vibração, mas não sugere a diferença entre os graus de vibração verificados em cada um. Além disso, os desenhos elaborados para representar os estados sólido e líquido são semelhantes, o que resultou na classificação: conceito em construção.

A questão 2², elaborada com base nos objetivos presentes nas classes conhecimento e compreensão, do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom, buscou verificar se os sujeitos atribuíam significado aos conceitos de massa e volume, identificando no desenho a igualdade das massas e a diferença nos volumes. Para sinalizar o domínio cognitivo na categoria compreensão, eles deveriam ter explicado o conceito de densidade a partir da relação entre massa e volume, pontuando que, como as massas eram iguais, o corpo 2 teria uma densidade menor pelo fato de possuir maior volume.

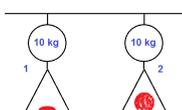
As respostas de A2 e de mais outros oito sujeitos foram classificadas como conceito presente; as de A7 e A1 foram classificadas com como conceito em construção.

A massa 1 é uma substância que ocupa menos volume, mesmo sendo a mesma substância da figura 2. O que acontece é que ela está mais densa, isso faz com que as partículas se ajuntem mais, ocupando menos volume. Diferente da figura 2 que suas partículas estão mais soltas, ocupando maior volume. Mas a massa entre elas são iguais (SUJEITO A2).

Eles possuem a mesma massa, porém as suas partículas estão organizadas de forma diferente, estão mais separadas fazendo assim com que seu volume aumente (SUJEITO A7).

O que muda é a forma como as partículas se organizam e o seu volume, mudando assim a densidade (SUJEITO A1).

² Observe as figura 1 e 2 abaixo. Massas de substância estão colocadas sobre os pratos de duas balanças. Por meio de um texto, diga qual a relação existente entre as massas, os volumes e as densidades na primeira e na segunda situação.



No caso de A7, evidenciamos que ele atingiu o domínio cognitivo da categoria conhecimento ao lembrar o significado de massa e volume, porém não sugeriu entendimento de densidade, o que nos leva a considerar que a aprendizagem está em processo de construção, pois não alcança os objetivos da categoria compreensão. A resposta de A1 sugeriu que ele identifica a igualdade entre as massas e a diferença entre os volumes e reconhece a densidade como relação entre massa e volume, ao pontuar que na situação representada na figura o volume é diferente, e que isso muda a densidade. Ele apenas não mencionou qual é a maior ou menor, o que nos levou a considerar que ele apresenta seu conceito em construção no nível da categoria de compreensão.

Na questão 3³, considerando o domínio cognitivo associado às categorias de conhecimento e compreensão, os sujeitos deveriam recordar os conceitos de massa e de volume e a definição conceitual de densidade, usando estes para explicar a situação contextualizada. No caso, pontuar que o estufado sinaliza um aumento de volume, mas que, como a massa não sofreu alteração, a densidade do corpo/embalagem diminuiu. No nível de aplicação, esperava-se que o sujeito fosse capaz de interpretar que a alteração do volume não está relacionada a um aumento da temperatura do corpo, mas é uma consequência do processo de deterioração (liberação de gases).

Dentre todas as questões da ADF, essa é a que apresentou resultados mais negativos: apenas dois sujeitos, A5 e A15, elaboraram uma resposta classificada como conceito em construção, sugerindo entendimento dos conceitos de massa, volume e densidade ao explicarem a situação contextualizada.

Pois aumentando o volume do produto aumenta-se a densidade e pelo fato do produto estar estufado, significa que está menos denso, conseqüentemente estragado. (SUJEITO A5).

A densidade do produto diminuiu, aumentando seu volume, sua massa não muda, mas devido ao volume que aumentou a caixa se estufou. (SUJEITO A15).

Os dois sujeitos, A5 e A15, pontuam o aumento do volume, mas não o relacionam ao processo de deterioração, que produz liberação de gases. Entretanto, esse aspecto foi ressaltado em muitas das respostas classificadas como conceito não

³Em embalagens alimentícias é comum encontrar, nas especificações do produto, a sua densidade. Em determinadas circunstâncias verifica-se que essa embalagem pode ficar deformada (estufada). Elabore um texto apontando o que ocorreu com a massa, o volume e a densidade do produto resultando do processo em que a embalagem ficou estufada.

identificado. Nelas, os sujeitos não usaram os conceitos físicos solicitados para explicar a situação, mas sim conceitos relacionados ao contexto do curso técnico em alimentos.

Quando a embalagem está estufada, quer dizer que o alimento estragou, liberou gases, como não há uma saída para esses gases a embalagem estufa (SUJEITO A8).

Muitas vezes para essa embalagem ficar estufada pegou unidade ou luz solar. Com isso o volume aumentou. (SUJEITO A12).

Tais evidências nos levam a considerar que, além da necessidade de alcançar o nível da categoria de aplicação, o resultado negativo pode ser consequência da forma como a contextualização foi usada. Entendemos que essa questão leva a outras interpretações que não a correta. As respostas sinalizam que os estudantes ainda não possuem o conhecimento de aumento de volume, da embalagem, pela liberação de gases devido a presença de micro-organismos. Os sujeitos apontaram o aumento de volume, porém não indicaram o porquê desse aumento, haja vista que não ocorreu aumento de temperatura. Isso pode ter contribuído para que os sujeitos sinalizassem um processo de construção conceitual.

Na questão 4⁴, especificamente no item a, para alcançar o nível das categorias conhecimento e compreensão, do domínio cognitivo de Bloom, os sujeitos deveriam lembrar que a temperatura é a medida do grau de agitação térmica das partículas que constituem um corpo, demonstrando compreender a relação entre a vibração das partículas e a temperatura do corpo.

Os resultados indicam que seis sujeitos alcançaram os objetivos associados à categoria compreensão, tal como A13 e A5.

Quanto maior for a vibração das partículas, a temperatura irá aumentar, pelo fato de muita agitação, podendo levar essa substância a mudar seu estado. (SUJEITO A13).

Quanto mais agitada as partículas da substância mais quente ela será (SUJEITO A5).

⁴ Durante a preparação de uma geleia faz-se necessário verificar a sua temperatura para que o processo seja bem sucedido, usando para tal um instrumento denominado termômetro espeto, específico para alimentos. Desta forma, responda às questões abaixo: a) De que maneira a vibração das partículas que constituem uma substância influencia na temperatura da mesma? b) Descreva o que ocorreu com a massa, o volume e a densidade da geleia quando foi alterado o valor da sua temperatura, por exemplo, de 30°C para 100°, que é o ponto médio de preparação da mesma? c) Qual a relação existente entre a intensidade de vibração das partículas do mercúrio, que estão dentro do bulbo do termômetro, com as moléculas que constituem a geleia, após o contato desse instrumento com a mesma, para que possa indicar sua temperatura.

Outros nove sujeitos sinalizaram que a aprendizagem está em processo de construção. O sujeito A2, por exemplo, lembrou as terminologias e demonstrou entender que a agitação das partículas da geleia indica temperatura registrada no termômetro depois do equilíbrio térmico, porém não explicitou claramente seu entendimento conceitual.

Ao colocar o termômetro na geleia obrigatoriamente as moléculas que se agitam na geleia vai fazer que o mercúrio dentro do termômetro se agite também da mesma forma que ela indicando seu °C. (SUJEITO A2).

A questão 4, item b, foi elaborada com base nos objetivos da categoria aplicação, da Taxonomia de Bloom. Para responder corretamente à questão, os sujeitos deveriam sinalizar que alcançaram os objetivos das categorias anteriores. Inicialmente, eles deveriam recordar as terminologias de massa e volume e a definição de densidade como a relação destas (categoria conhecimento). Em seguida, reconhecer que no processo de cozimento ocorre o aumento do grau de agitação térmica da substância (a geleia), o que resulta no aumento da temperatura e, conseqüentemente, do seu volume. Os sujeitos deveriam ainda ter demonstrado a compreensão de que essa massa não é influenciada por uma temperatura inferior a 100°C da mesma forma que o volume.

Por fim, para atingir o nível de aplicação, o sujeito deveria ter interpretado o fato de que durante o cozimento, ao mudar de 30°C para 100°C, a geleia está sujeita a uma alteração de massa, pois atinge a temperatura de ebulição da água, que passa de líquido para vapor, ocasionando um decréscimo na sua massa total. Devido à evaporação da água, ocorre também uma diminuição no volume total, sendo que a geleia pronta terá uma densidade maior que a anterior.

No gráfico, evidenciamos que nenhum sujeito teve sua resposta classificada como conceito presente, mas seis sinalizaram que a aprendizagem está em processo de construção.

A massa, o volume e a densidade mudaram, pois houve a retirada da água da massa total da geleia (SUJEITO A4).

A massa continuou a mesma, o que alterou foi o volume e a densidade por conta do grande aumento da temperatura, o que causa grande agitação das moléculas (SUJEITO A5).

Na resposta de A4, ele pontua a mudança das três grandezas, mas associando o ocorrido apenas “a retirada da água da massa total da geleia”, não pontuando a influência da temperatura no processo.

O sujeito A5 não interpreta que a temperatura de ebulição (100°C ao nível do mar) pode ocasionar perda de massa, porém pontua a relação da variação do volume e da densidade com a elevação da temperatura.

Na questão 4, item c, os sujeitos deveriam ter lembrado que corpos com diferentes temperaturas, quando colocados em contato, tendem ao equilíbrio térmico e a reconhecer que as partículas da geleia e as do termômetro terão o mesmo grau de agitação térmica e, portanto, a mesma temperatura quando o termômetro é inserido na geleia em cozimento.

No gráfico, evidenciamos que nove sujeitos tiveram sua resposta classificada como conceito presente, pois sinalizam o entendimento de equilíbrio térmico.

As partículas do bulbo do termômetro são obrigadas a se agitarem com a mesma intensidade da geleia para se **equilibrar**. (SUJEITO A3, grifo nosso)

Quando o termômetro foi colocado na geleia a mesma tinha uma agitação “X” nas moléculas, essas moléculas “obrigaram” as moléculas do termômetro se agitarem **até que ambas estejam estáveis**, que é onde para o mercúrio, indicando a temperatura (SUJEITO A5, grifo nosso).

O sujeito A3, por exemplo, mencionou que após o contato do termômetro com a geleia ocorreria um equilíbrio, o que sugere entendimento do conceito de equilíbrio térmico. No caso de A5, apesar de não mencionar explicitamente o equilíbrio térmico, ele sugeriu seu entendimento ao descrever que quando a vibração da geleia e a do termômetro se estabiliza, o instrumento registra a temperatura da geleia.

Outros oito sujeitos sinalizaram que estão em processo de construção da aprendizagem. Suas respostas foram classificadas como conceito em construção.

O mercúrio tem uma densidade grande então quando ele entra em contato com a geleia suas moléculas entram em estado de vibração, pois a moléculas da geleia o passaram essa vibração (SUJEITO A7).

A [vibração] da geleia é maior que a do mercúrio então, o mercúrio é obrigado a vibrar suas moléculas assim como a da geleia (SUJEITO A15).

Nas respostas de A7 e A15, por exemplo, evidenciamos o entendimento de que quando os corpos são colocados em contato, a vibração de um corpo influencia a do outro, mas eles não mencionaram que isso cessa quando os corpos ao atingem o

equilíbrio térmico. Isso nos levou a classificar suas respostas como conceito em construção.

Na questão 5⁵, no item a, o sujeito deveria inicialmente reconhecer no texto as características de um processo de troca de energia na forma de calor denominado convecção, para então elaborar uma explicação deste. Ele deveria explicar que o aumento da temperatura das moléculas de água, na parte inferior do recipiente, ocorre porque o fogo cede energia ao recipiente, que se aquece por condução. Essa energia provoca o aumento da vibração das moléculas de água, em contato com essa superfície, o que ocasiona o aumento de temperatura das moléculas de água e, conseqüentemente, a de seu volume, provocando a diminuição da densidade e a "troca" de posição entre as moléculas.

No gráfico, evidenciamos que nenhuma resposta foi classificada como conceito presente, e que nove delas sinalizam conceito em construção, pois elaboram explicações como as dos sujeitos A7 e A11.

A água fria conforme seu aquecimento ira subir já que ficara mais leve enquanto que a água fria ficara embaixo e será repetido todo esse processo até a água estiver totalmente quente (SUJEITO A7).

A água quente subira por causa das suas vibrações, e a água que está em cima por estar mais fria descerá para igualar as vibrações (SUJEITO A11).

Os dois sujeitos não pontuaram explicitamente o processo de convecção, nem elaboraram uma explicação para o “sobe e desce das partículas de água”, relacionando as alterações no volume e na densidade com a energia que o recipiente recebe ao ser colocado na chama do fogão. O sujeito A11 afirmou que esse sobe e desce era resultado do ficar mais “leve”, mas não sinalizou que o mais “leve” era resultante do aumento do volume e redução da densidade.

Nos itens 5 b e c, ambos com objetivos relacionados com a categoria conhecimento, os sujeitos precisaram definir calor como energia em trânsito entre dois corpos com temperaturas diferentes, e lembrar as terminologias empregadas para os

⁵ Para aquecer certa quantidade de água para preparar um café, por exemplo, coloca-se esta água em um recipiente que é levado à chama do fogão. Isso resulta no aumento da temperatura do líquido que está dentro do recipiente, ou seja, provocando seu aquecimento. a) Durante o processo de aquecimento da água evidenciamos a formação de bolhas que se inicia no fundo do recipiente e sobe para a superfície do líquido, originando uma “troca” de posição entre as moléculas de água. Elabore um texto explicativo para o processo, buscando demonstrar o que ocorreu com o volume e densidade das moléculas de água devido ao aumento da sua intensidade de agitação e o que provocou esse aumento. b) O processo acima pode ser explicado pelo termo Calor. Desta forma descreva o que é calor. c) Descreva as formas de propagação do calor?

processos de transferência de energia sob a forma de calor (condução, convecção e irradiação). No primeiro, identificamos nove respostas que sinalizam um processo de construção da aprendizagem, pois os sujeitos reconhecem o calor como uma forma de energia (A16: “calor é uma forma de energia”, A18: “calor é uma forma de energia”, ou pontuam calor como energia em trânsito A4: “calor é liberação, transferência de energia”), entretanto não pontuaram que essa energia se transfere do corpo de maior temperatura para o de menor.

No item 5 c, dez sujeitos identificaram as terminologias condução, convecção e irradiação, sendo suas respostas classificadas como conceito presente. Dos demais sujeitos, seis deixaram a questão em branco e três elaboram respostas classificadas como conceito não identificado.

A questão 6^o abordou a aplicação do estudo do calor ao contexto da conservação de alimentos, especificamente na secagem de frutas. Nela, solicitou-se que os sujeitos descrevessem/desenhassem um equipamento simples como uma caixa para realizar a secagem de frutas, prevendo o emprego dos processos de propagação de energia na forma de calor, explicando como a condução, a convecção e a irradiação e outros conceitos físicos estão relacionados com a escolha do material e a construção dessa caixa.

Pelo gráfico, evidenciamos que os 19 sujeitos apresentaram em suas respostas indícios de que o conceito em questão está em processo de construção, tais como exemplificado por A5 e A18, sendo tais respostas classificadas na classe conceito em construção.

Uma caixa feita de alumínio, pois o alumínio é um bom condutor de calor podendo também ser pintado de preto para absorver ainda mais a radiação solar; com uma tampa de vidro para evitar perda de calor; duas aberturas uma na parte inferior para entrada de ar frio e na superior para saída de ar quente, já que a quente tende a subir. Colocamos ainda uma rede onde os alimentos serão colocados evitando o acúmulo de água (SUJEITO A5).

Materiais: caixa de metal, tampa de vidro, grade de metal, rodinhas e alça de madeira. A caixa de metal é para uma boa condução térmica. A tampa de vidro para a radiação solar e a tampa vai ser pintada de preto para maior

⁶ Com a finalidade de evitar que um alimento possa deteriorar com maior rapidez, utiliza-se técnicas para prolongar o seu tempo de vida útil. Um desses métodos consiste em retirar a água contida no mesmo, promovendo a sua secagem e assim evitando o desenvolvimento de micro-organismos que facilitam a sua perda. Uma forma de realizar esse processo é utilizando a energia do sol para desencadear outros processos de transferência de energia na forma de calor. Proponha a construção detalhada de um equipamento simples para realizar o processo de secagem de frutas, levando em consideração os conceitos de densidade, volume, temperatura, calor e as formas de propagação do calor.

absorção. A grade para colocar as frutas será também de metal. A caixa vai ter aberturas para que o ar frio entre e o ar quente saia. A caixa será exposta ao sol, e de acordo com o tempo e a mudança do sol a caixa será movimentada, por isso as rodinhas e, as alças de madeira, também para não queimar a mão. **Condução: circulação de ar dentro da caixa;** Convecção: entrada de ar frio e saída de ar quente; Radiação: os raios solares (SUJEITO A18, grifo nosso).

A resposta elaborada por A18 apresentou apenas uma incorreção ao pontuar o processo de condução como “circulação de ar dentro da caixa”, o que resultou na classificação como conceito em construção.

As demais respostas foram semelhantes à elaborada pelo sujeito A5, que não explicou claramente como os processos de condução, convecção e irradiação estão presentes na secagem de alimento.

Ressaltamos, entretanto, que esse resultado, considerado satisfatório, provavelmente foi influenciado pela atividade realizada na aula anterior à aplicação da ADF: uma situação nova, um problema relacionado ao curso técnico em alimentos, que será analisada no tópico seguinte.

4.2.2 ANÁLISE COMPARATIVA DAS AVALIAÇÕES

Se compararmos os resultados da ADI e da ADF pelo gráfico 5 que apresenta os resultados do quantitativo de respostas classificadas por classes, nas duas avaliações, evidenciamos uma diferença significativa nos resultados.

Lembramos que pelo fato de a questão 1 ser subdivida em dois itens e as questões 4 e 5 subdividas em três itens cada uma, os gráficos apresentam 11 respostas para cada sujeito.

Nos gráficos 5A e 5B, as classes foram indicadas pelas mesmas cores para facilitar a comparação: o conceito presente está representado pela cor azul, o conceito em construção em vermelho, o conceito não identificado em verde e a classe resposta em branco em lilás.

Numa visão geral dos resultados, percebemos que na ADI o quantitativo de respostas classificadas como conceito não identificado (verde) e resposta em branco (lilás) é muito superior ao das outras duas classes. Evidenciamos ainda que isso se inverte na ADF, na qual o quantitativo de respostas classificadas como conceito

presente (azul) e conceito em construção (vermelho) é superior, ao das demais classes, para a grande maioria dos sujeitos.

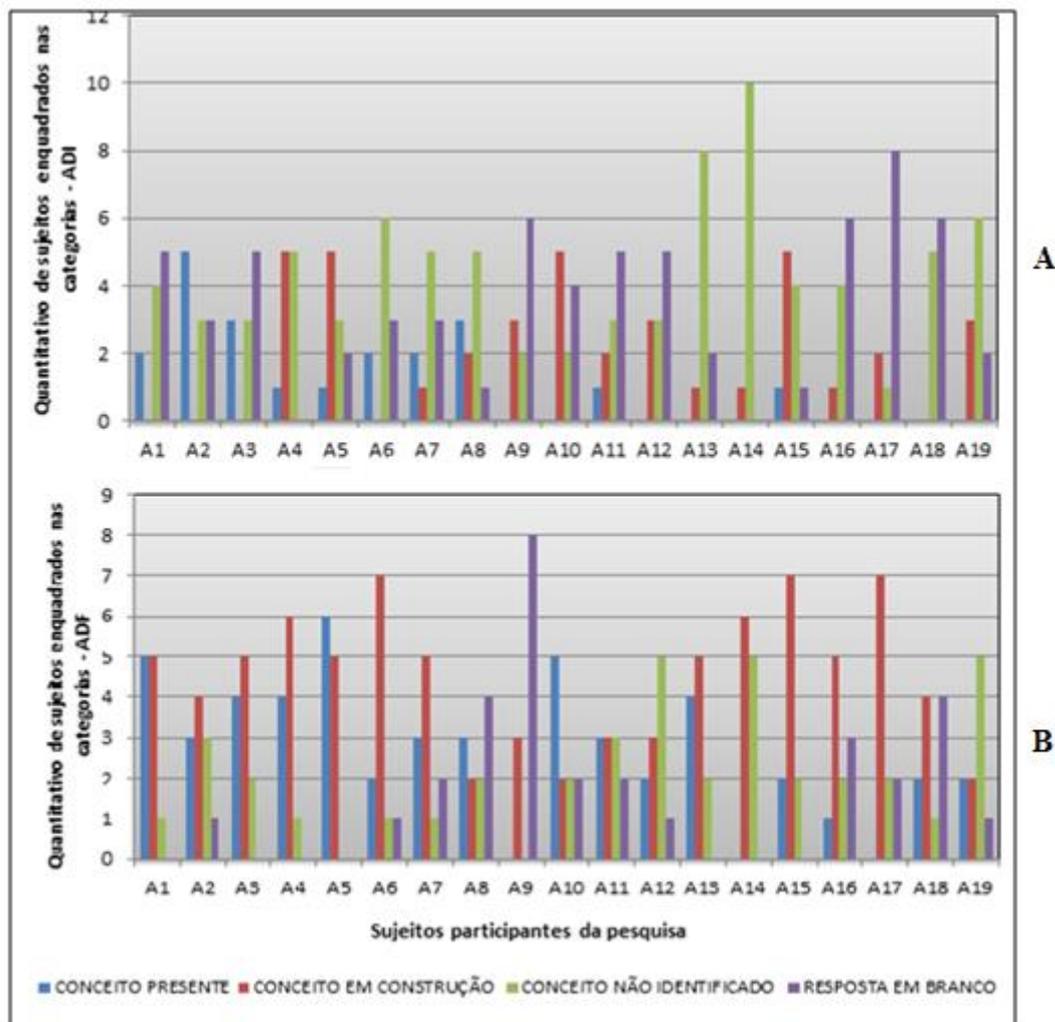


Gráfico 5 - Quantitativo de sujeitos por categorias e por avaliação, ADI e ADF. Fonte: a autora.

Dos 19 sujeitos, nove não tiveram nenhuma resposta classificada como conceito presente na ADI (A9, A10, A12, A13, A14, A16, A17, A18 e A19) e, na ADF (A9, A14 e A17), somente três. Apesar de esses últimos sujeitos não terem apresentado respostas classificadas como conceito presente na ADI, apenas um deles, A9, manteve sua situação no quadro geral. Os outros dois aumentaram a quantidade de respostas classificadas como conceito em construção, principalmente o A17.

Os outros 16 sujeitos que participaram da aplicação da sequência de ensino apresentaram resultados positivos, se comparados com os da ADI. Essa alteração nas respostas dos sujeitos evidencia que a aplicação da sequência de ensino contribuiu para aquisição e retenção de conceitos na estrutura cognitiva dos sujeitos e/ou propiciou o início do processo de assimilação conceitual para outros. Assim, esses resultados

sinalizam que os conceitos abordados em sala de aula foram ancorados aos que os sujeitos possuíam, e que nessa interação ocorreu a transformação do novo conceito na estrutura cognitiva do sujeito. Isso nos leva a considerar que a sequência de ensino pode ter contribuído para a aprendizagem significativa de alguns conceitos e para o processo de construção de outros.

Individualmente, a título de exemplo, pode-se citar o sujeito A5, cujos resultados indicam que ele é o sujeito com maior quantidade de conceitos presentes e em construção na sua estrutura cognitiva. Na ADI, ele havia deixado duas questões em branco, três foram classificadas como conceito não identificado, cinco em construção e apenas uma como conceito presente. Na ADF, ele não deixou nenhuma questão sem resposta nem classificada como conceito não identificado. Teve seis respostas classificadas como classe conceito presente e cinco como em construção, demonstrando, assim, desenvolvimento no processo de aprendizagem, ou seja, uma evolução conceitual.

Outro sujeito que apresentou alterações significativas nas suas respostas foi o A13. Na ADI, ele não possuía questões enquadradas na classe conceito presente, e a maioria de suas respostas foi enquadrada na classe conceito não identificado (8) e em branco (2). Na ADF, ele apresentou a maioria das respostas classificadas como conceito presente (4) e em construção (5), sinalizando, assim, para uma aprendizagem significativa. Apenas duas respostas foram classificadas como conceito não identificado (Q3 e Q5b).

4.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE DE APLICAÇÃO DO ESTUDO DO CALOR ASSOCIADA À SECAGEM DE ALIMENTOS.

Durante a execução da sequência de ensino, foi realizada uma atividade diferenciada com o objetivo de verificar como os sujeitos aplicavam os conceitos físicos associados ao estudo do calor, explorados nas aulas, ao proporem a construção (idealização) de um aparato para ser utilizado na secagem de frutas.

A atividade, com duração de 90 minutos, foi desenvolvida após as aulas da etapa 3 e antes da Avaliação Diagnóstica Final.

Para a realização dessa atividade, os sujeitos foram organizados em três grupos, sendo dois com seis integrantes e um com sete.

Na primeira aula dessa etapa, cada grupo recebeu, para a realização da atividade, uma folha de papel, lápis, borracha e um roteiro para orientação do trabalho (apêndice 5). O tempo restante foi destinado à apresentação do aparato idealizado.

Durante a apresentação, as falas dos sujeitos, explicando o aparato idealizado pelo seu grupo e a da pesquisadora, foram gravadas e posteriormente transcritas segundo as orientações de Marcuschi (2003).

Para indicar os sujeitos, utilizamos a notação SnGm, sendo n para indicar o integrante do grupo e m para o grupo. Essas transcrições serão apresentadas e analisadas nos tópicos seguintes.

4.3.1 ANÁLISE DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GRUPO 1

Os sujeitos do grupo, em um primeiro momento, apresentaram um desenho da caixa idealizada para secagem de frutas: uma caixa de metal no formato retangular, com uma tampa de vidro.

Esses sujeitos sugeriram que fosse utilizada uma peneira possivelmente para disposição das frutas.

Quanto às aberturas situadas nas faces menores, sendo uma próxima do piso da caixa e outra na face oposta, próxima da tampa, serviriam para entrada e saída de ar. Foi evidenciado que o ar quente sairia pela abertura superior e o ar frio, pela abertura inferior.

Na figura 12, apresentamos a ilustração elaborada pelo grupo.

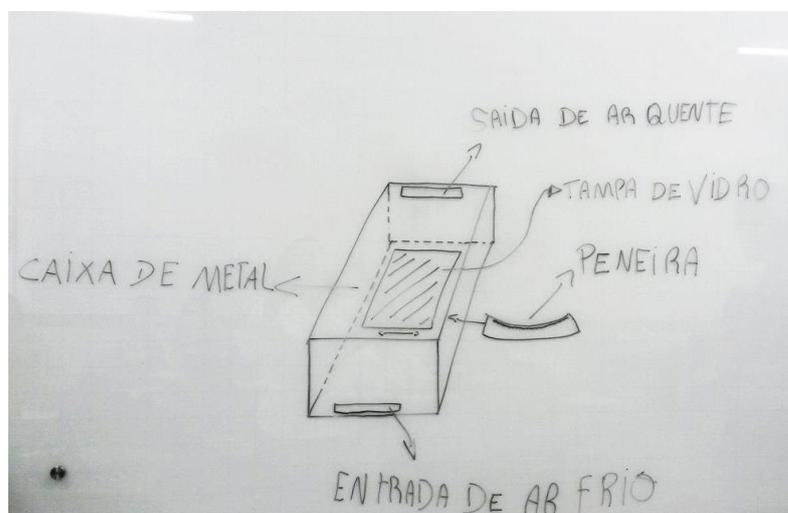


Figura 12 - Proposta de secadora apresentada pelo grupo 1. Fonte: a autora.

Quando a pesquisadora pediu ao grupo que explicasse o aparato por eles proposto, o sujeito S1G1 fez a seguinte explicação:

Sujeito S1G1: TÁ. Aqui é uma tampa de vidro PRA entrada da luz soLAR. (indicando a parte de cima do desenho e indicando uma abertura na parte de baixo da parte frontal). **Aqui é a entrada do AR frio, que o ar QUENTE é:: mais pesado e o AR FRIO fica mais embaixo, daí:: o AR frio vai enTRAR e empurrar o ar quente para cima, obrigando ele a sair daqui** (indicando uma abertura na parte de cima da parte posterior da caixa). Aqui vai ter uma peneira (indica nesse momento no desenho) que vai:: ficar o alimento em cima para descer ÁGUA, descer a água sair do alimento para ele seCAR, e:: SÓ e ela é toda de metal para esquentar mais FÁCIL **porque [metal] é um bom condutor de calor (grifo nosso)**

Na fala desse sujeito, percebemos uma confusão com relação ao entendimento de que a mudança na densidade do ar influencia a sua movimentação dentro da caixa. Como o sujeito S1G1 considera que o ar quente é mais pesado que o ar frio, para explicar como o ar quente sai pela abertura superior, ele afirma que o “ar frio vai entrar e empurrar o ar quente para cima”, provocando, assim, o movimento.

Considerando essa confusão com relação ao entendimento da movimentação das massas de ar dentro da caixa, a pesquisadora solicitou que o grupo mencionasse os conceitos físicos que estavam relacionados com a proposição das duas aberturas nas extremidades opostas da caixa:

Pesquisadora: Onde ESTÁ sendo aplicada a ---- convecção?

Sujeito S3G1: (+) NA entrada do AR frio (indicando a abertura frontal abaixo) depois vai:: sair LÁ na [entrada do AR quente (indicando a abertura em cima da lateral posterior).

Sujeito S4G1: NA entrada do AR FRIO por baixo (indicando a abertura frontal abaixo) pra poDER sair o AR quente POR cima (indicando a abertura em cima da lateral posterior).

Pesquisadora: ESSA seria a:: convecção?

Sujeito S4G1: Sim.

Percebemos na fala de S3G1 e S4G1, a mesma confusão identificada na fala de S1G1 com relação ao entendimento de densidade e processo de convecção. Nenhum deles pontuou o processo cíclico do ar dentro da caixa, enfatizando apenas que o ar quente sai por cima quando o frio entra por baixo. A falta desse entendimento também pode ser observada na explicação sobre a escolha da peneira para dispor o alimento dentro da caixa:

Pesquisadora: Vocês colocaRAM esse alimento numa ---- peneira, porque coloCARAM dessaforma?

Sujeito S1G1: ‘Porque CAUSA quando aqueCER a água ela vai TER que seCAR o alimento , bom com a água NÃO seca, a água vai:: desCER por baixo da peneira e o alimento SEMpre vai:: ficar por cima.

Sujeito S3G1: A peneira vai:: TÁ tipo ASSIM em um lugar ai:: A água vai:: caIR aSSIM.

Sujeito S1G1: Vai ficar AQUI em baixo (indica no desenho).

Apesar de S1G1 e S3G1 pontuarem que o ar quente sai da caixa pela parte de cima quando o ar frio entra pela parte de baixo, nenhum deles considerou que a peneira facilitaria a movimentação do ar dentro da caixa. Para confirmar essa falta de entendimento, a pesquisadora ponderou a possibilidade de trocar a peneira por uma placa de madeira:

Pesquisadora: Me respONDAM uma coisa, no lugar dessa ---peneira PODERI ser colocada uma:: uma placa de:: madeira?

Sujeito S1G1: Não:: ela não iria esQUENtar TANTO o aliMENto igual ao metal.

Sujeito S2G1: NO lugar DA:: [peneira colocar UMA de madeira? e:: colocar [a madeira.

Pesquisador: É.

Sujeito S1G1: Ai a água não ia esquentar na madeira ou poderia ser outra não sei.

Pesquisadora: Essa:: peneira . VOCÊ entende QUé seria UM material todo perfurado?, isso aJUdaria como na secagem?

Sujeito S3G1: Fica meLHOR pra secar a:: água.

Sujeito S1G1: Fica melhor COM o vidro PRA secar BEM o alimento.

As respostas apresentadas pelos sujeitos sugerem que a escolha da peneira não estava relacionada ao processo de convecção, mas sim à possibilidade de escoar a água liberada pelas frutas durante a secagem.

A explicação sobre a escolha da peneira para dispor as frutas e as aberturas nas extremidades da caixa não fornecem indícios de que os sujeitos aprenderam significativamente o processo de convecção a ponto de aplicar os conceitos explorados na aula numa situação diferenciada.

Quando solicitados a explicar a escolha dos materiais utilizados na construção da caixa, o sujeito S2G1 pontua satisfatoriamente que a escolha do metal se justifica por ele ser um bom condutor de calor. Podemos observar esse entendimento na discussão realizada pela pesquisadora com os sujeitos do grupo:

Pesquisadora: ENTÃO o material QUE vocês falaRAM é uma caixa DE METAL, certo!. Por que O METAL?

Sujeito S2G1: PORque:: o metal É um bom conDUtor de:: calor, ENTÃO o sol vai bater e o calor vai:: entrar é:: mais FÁCIL.

Sujeitos: [Um Bom condutor de:: calor.

Pesquisadora: Então SERÁ que NÓS não esTAmos uSANdo a condução?

Sujeitos: [SIM.

Sujeito S1G1: De certa FORMA “sim”.

Sujeito S2G1: ENTÃO no CAso O meTAL é:: a conDUção.

Buscando indícios da aplicação do processo de propagação de energia na forma de calor por radiação, a pesquisadora indagou os sujeitos sobre o local onde deveriam deixar a caixa, no processo de secagem das frutas:

Pesquisadora: ONDE vocês vão' colocar essa CAIXA?

Sujeito S1G1: (+) No sol, (+) assim o sol vai:: ficar PEGANdo aqui nela, senão ela NÃO aquece.

Sujeito S2G1: A GENTE vai coloCAR em algum lugar que O SOL tiver BATENdo.

Pesquisadora: AH::.

Sujeito S1G1: Aí a GENte vai:: INCLINANDO ela em direÇÃO conforme a posição DO sol. Onde ESTÁ o sol. Ai a gente vai aDEQUANdo ela para a 'LUZ solar' entrar.

Evidenciamos na fala dos sujeitos, a necessidade de se dispor a caixa num lugar ensolarado, o que, segundo S1G1, é necessário para aquecê-la. Isso sugere conhecimento de que o Sol seria fonte de energia para produzir a secagem dos alimentos dentro do aparato, tendo em vista a preocupação em adequar o posicionamento da caixa para maior tempo de exposição ao Sol. Entretanto, nenhum dos sujeitos do grupo mencionou explicitamente que tal preocupação tinha como objetivo aproveitar a incidência da radiação solar. Para verificar esse entendimento, a pesquisadora prosseguiu o diálogo.

Pesquisadora: A ---- raDIAÇÃO! Ela ESTÁ sendo aplicada?

Sujeito S4G1: Na Luz solar.

Sujeito S1G1: Na luz solar quando ENTRA aqui dentro, na ENTRAda da luz solar.

Essas respostas sugerem que os sujeitos conseguiram aplicar o conceito de radiação na proposição do aparato para a secagem de frutas.

Condução e radiação apresentam indícios de que estão em processo de construção (tem o conhecimento, compreende, mas apresenta problemas ao aplicar numa situação nova). O conceito de convecção não apresenta indícios de estar em construção, pois os sujeitos sinalizam para o entendimento da movimentação de massas de ar dentro da caixa: saída de ar quente pela parte superior e entrada de ar frio pela inferior, mas não fazem uma associação com a propagação da energia sob a forma de calor por radiação.

5.3.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GRUPO 2

A ilustração indicada na figura 13 foi elaborada pelos sujeitos do grupo 2 para representar a proposta de um aparato para a secagem de frutas. No desenho, evidenciamos a indicação de uma caixa retangular, de metal, com alças e rodinhas, com uma tampa de vidro e uma grade para dispor as frutas.

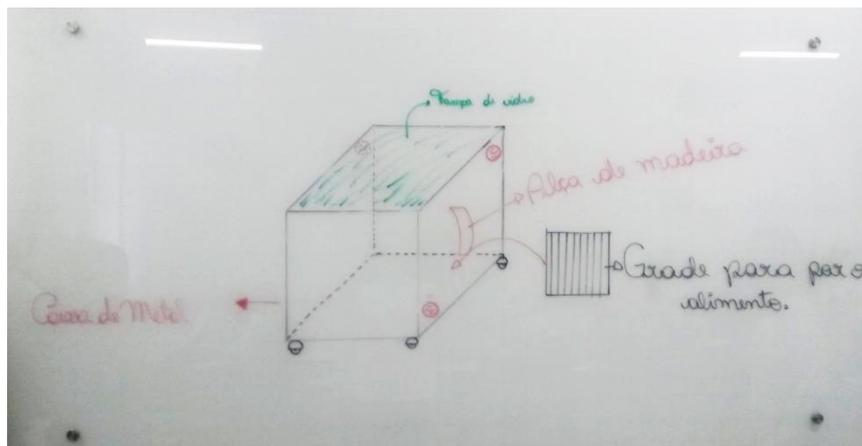


Figura 13 - Proposta de secadora apresentada pelo grupo 2. Fonte: a autora.

Quando solicitados, os sujeitos S1G2 e S2G2 iniciaram a explicação do aparato projetado:

Sujeito S1G2: ENTÃO, a:: nossa inTENSão é FAZER com que:: enTRASse:: o calor e:: NÃO PERDESSE a propRIEdade do:: do aliMENto. AI, como NÓS colocamos toda a caixa de METAL, soMente a tampa de vidro. Com alGUNS furos PRA que:: SAÍSSE e ENTRASSE o CALOR só que ai:: pra proPAGAR esse CALOR, nós fizemos uma TAMPA de vidro, SÓ:: que pintado de PRETO que no CASO é:: o mesmo:: mesmo:: esquema DA:: [o negócio da energia elétrica NÃO energia solar.

Sujeito S2G2: AI:: A gente vai coloCAR o alimento na:: grade porque se ficasse no FUNDO, como a caixa:: é:: de metal, o normal, o certo, o certo NÃO:: vai esQUENtar ela todinha, ENTÃO fica na grade. (grifo nosso).

Nas falas transcritas acima, do sujeito S1G2, que pontuou que os furos servem para saída e entrada do calor, e do S2G2, que sugeriu que o metal auxilia no aquecimento da caixa e que a tampa de vidro deve ser pintada de preto, assim como a placa coletora de energia solar, percebe-se que os sujeitos do grupo 2 consideram os processos de propagação de energia na forma de calor (convecção, condução e irradiação).

Entretanto, como eles não mencionaram explicitamente essa consideração, a pesquisadora buscou mais informações sobre suas escolhas:

Pesquisadora: POR QUE a caixa de vocês é de:: meTAL?

Sujeito S4G2: “Por que o metal” É UM BOM condutor de:: “calor”

Pesquisadora: ENTÃO essa grade É de que? PODE ser de metal, TAMBÉM?

Sujeitos: [Pode.

Sujeito S3G2: “É PORQUE”, TIPO assim::, porque a:: energia vai:: entrar e FAZER com que todas SE interAJAM e chegue o calor ATÉ a grade, faZENdo com que:: a:: grade es quente. E TAMBÉM “a fruta”.

Pesquisadora: TÁ! Vocês Vão dispor o alimento nessa GRADE essa:: grade de vocês É de metal. Esse metal vai INFLUENCIAR em alguma coisa?

Sujeito S4G2: “Vai”.

Pesquisadora: ‘EM QUE’?

Sujeito S4G2: PORQUE conFORme:: ele vai ficar::**quente**[ele vai CONDUZIR calor pra fruta pra ela PERDER a água dela. (grifo nosso).

Nesse novo diálogo, os sujeitos deixaram claro que a escolha do metal e da grade para a construção da caixa na qual serão dispostas as frutas está relacionada ao entendimento de que o metal é um bom condutor de calor. Outro trecho da transcrição que fornece indícios de que o processo de aprendizagem relacionado ao conceito de condução está em construção é a fala de S3G2: “a:: energia vai:: entrar” dentro da caixa “e FAZER com que todas SE interajam”. Consideramos que, ao pontuar “todas”, ele está se referindo às moléculas que constituem o material da caixa e da grade. Ao afirmar que a fruta em contato com a grade também vai esquentar, o sujeito sugere o processo de transferência de energia na forma de calor por condução: “ele vai CONDUZIR calor pra fruta pra ela PERDER a água dela”.

Para buscar mais informações sobre a cobertura do vidro com tinta preta e sua comparação com a placa de coleta de energia solar, a pesquisadora fez um novo questionamento ao grupo:

Pesquisadora: Vocês falaRAM que vão PINTAR o VIDRO de PRETO. Eu achei:: isso interessante. PORQUE vocês VÃO COBRIR o vidro com tinta PRETA?

Sujeitos: [PORQUE a:: [radiação BATE e fica LÁ.

Sujeito S5G2: E porque A radiação pode SECAR muito o alimento.

Sujeito S2G2: Porque O PRETO vai **absorver mais**.

Pesquisadora: PORQUE vai ABSORVER mais, o quê?.

Sujeito S2G2: CALOR! E vai DISTRIBUIR pra a caixa.

Sujeitos S1G2: Por isso:: [a intensão do vidro SER preto porque vai aBSORver BASTANTE calor e ai:: O:: CALOR acaba ATÉ mesmo:: aQUECENdo a caixa UM pouco.

Sujeito S3G2: FAZENDO tipo assim:: que SÓ TIRE a:: ÁGUA e não que Estrague a fruta, resseCANDO ela. [risos]

Pesquisadora: Ah:: a inTENÇÃO de vocês É não QUEIMAR a:: fruta.

Sujeitos: “É”.

Sujeito S2G2: E:: por [causa DAS proPRIEdades dela. (grifo nosso)

Nesse novo diálogo, os sujeitos pontuam explicitamente que a escolha da tampa de vidro pintada de preto está associada ao processo de propagação de energia por radiação. Sinalizam o entendimento de que a tampa pintada de preto vai absorver mais energia, e que essa energia absorvida vai ser distribuída na superfície da caixa.

Considerando que eles apenas pontuaram que os furos na caixa serviriam para a entrada e saída de calor, a pesquisadora questionou o grupo sobre a função deles e sobre sua relação com os processos de propagação do calor:

Pesquisadora: E:: essas:: essas SÃO “aberturas?

Sujeitos: [AQUI? É! (indica no desenho).

Pesquisadora: Essa:: essa:: abertura EM baixo SERve PRA QUE?

Sujeitos S4: PRA entrar o AR.

Pesquisado: E:: a de cima?

Sujeitos: PRA sair o AR.

Pesquisado: AHHH::.

Sujeitos: AS DUAS.

Pesquisadora: AH, esse AR que SAI em cima é um AR --- FRIO ou QUENTE?

Sujeitos: [“AR quente”].

Os sujeitos pontuaram novamente que os furos foram projetados para a entrada e a saída do ar, não sinalizando o entendimento do processo cíclico de convecção, nem o que provoca essa movimentação de ar dentro da caixa.

4.3.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GRUPO 3

A proposta do aparato para a secagem de frutas, elaborado pelos sujeitos do grupo 3 e apresentado na figura 14, traz apenas a indicação de este ser representado por uma caixa com alça na lateral, com a parte superior inclinada e coberta por uma tampa de vidro que se movimenta e possibilita a entrada e a saída do ar. No desenho, evidenciamos que as frutas serão dispostas numa superfície, a uma determinada altura do fundo do aparato, mas não temos indicação do material usado para a sua construção, nem se ela é vazada (grade) ou inteiriça. Os sujeitos mostraram também que a caixa possui rodinhas.

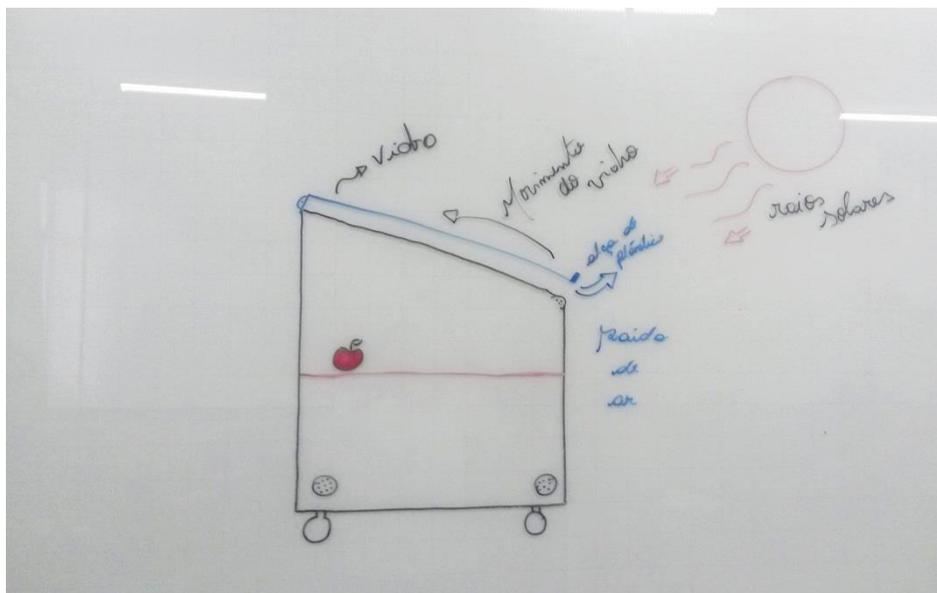


Figura 14 - Proposta de secadora apresentada pelo grupo 3. Fonte: a autora.

O sujeito S1G3 iniciou a explicação da proposta do aparato idealizado pelo grupo para a secagem de frutas:

Sujeito S1G3: A:: nossa caixa vai SER de METAL, com uma TAMPA de vidro. A:: gente vai FAZER com que ela SEJA incliNada (apontando para a parte superior do desenho) porque ai:: quando o alimento ESTIVER aqui (apontando para o local no qual desenharam uma maçã), **que vai SER uma peneira, pra:: que o AR CIRCULE.** Aqui (apontando para a parte superior da caixa) no mesmo lugar que:: o AR vai sair, entre a caixa e a tampa de VIDRO, ele também ENTRA. AI:: aqui no:: CASO ah:: tampa vai faZER esse moviMENTO (indicando no desenho a seta mostrando o movimento da tampa) pra:: que SEJA aberta. E o aliMENTO fica aqui (indica no desenho o local onde desenharam a maçã) essa:: também é:: uma entrada de AR (aponta para os furos na parte inferior), **porque o ar quente TENDE a:: subir, ENTÃO ele entra aqui (indica no desenho) e o ar aquece e:: SOBE.** E:: quando a ÁGUA tiver:: FOR entrar:: no estado gasoso ela vai:: acumular NO vidro e as gotas de água que vão ficar aqui (aponta para a tampa) pelo fato de SER inclinada, elas VÃO cair e escorrer pela lateRAL do objeto que vai TER um coletor. É:: basicamente isso (grifo nosso).

Na fala do sujeito S1G3, especificamente nos trechos em negrito, identificamos indícios do entendimento do conceito de convecção, ao mencionar que a escolha da peneira está relacionada a circulação do ar dentro da caixa. No prosseguimento da discussão eles confirmam que o ar que entra pela abertura inferior, vai se aquecer e subir.

Pesquisadora: Essa ---- abertura em CIMA pra que:: serve? é uma “em baixo” e outra em “cima?”.

Sujeito S1G3: “AQUI” é uma forma de:: (apontando para a abertura na parte inferior) do mesmo jeito que o AR sai aqui, ela pode ENTRAR. E aqui (indica no desenho) é uma forma de coletar o AR. Porque ele vai:: aquecer aqui dentro (aponta para o interior da caixa) e vai esTAR muito QUENTE. Porque a gente vai PINTAR de PRETO. **Todo ar que estiver aqui:: (indica no desenho) vai subir. Ele vai subir pela peneira. EsQUENTAr AQUI:: (indica no desenho) sempre vai ter esse movimento de AR.**

Essa nova discussão confirma o entendimento de que a peneira não vai dificultar a movimentação de ar dentro da caixa, ou seja, no processo de convecção. Ainda buscando informações sobre a escolha da peneira, a pesquisadora fez novos questionamentos:

Pesquisadora: A peneira vai ser de:: alumínio também? Por quê? O alumínio ele influencia em alguma coisa?

Sujeito S2G3: Ele:: Ajuda conduzir maIS fácil “o calor” do que, por exemplo, se você coloCasse:: o PLÁSTICO ou se fosse uma placa de METAL, **assim, inteira, não teria:: “convecção”,** que é:: o:: moviMENTO do AR quente e do AR frio. ASSIM todas as frutas que tiveREM dispostas aqui (aponta para a bandeja) de cima em baixo, elas tem uma:: “absorção de calor maior”.

Fica claro, na fala de S2G3, que o processo de convecção está relacionado ao movimento das massas de ar quente e frio dentro do aparato idealizado para a secagem de frutas. Ele salienta ainda que se usasse uma placa “inteira” não ocorreria o processo de convecção, e que a escolha da peneira está relacionada a esse entendimento.

Consideramos que as justificativas apresentadas pelos sujeitos para a seleção dos materiais que seriam utilizados para a construção do aparato sinalizam que eles aplicaram de forma correta o conceito de convecção, em uma situação problema.

Para obter informações sobre a escolha dos materiais idealizados para a construção do aparato, a pesquisadora fez uma nova intervenção, iniciando o diálogo abaixo:

Pesquisadora: ENTÃO essa caixa é de:?

Estudantes: [“De metal”.

Pesquisadora: PORQUE que ela É de: METAL?

Estudantes S1G3: Por que:: o metal:: ABSORVE mais calor.

Estudante S2G3: [Ele É um:: CONDUTOR de calor.

Estudante S3G3: Ele vai CONDUZIR para a:: fruta, que vai:: deSIDRATAR.

Pesquisadora: AH, e:: essa tampa. Por que essa TAMPA é:: de vidro?

Estudantes S1G3: Porque:: ela:: CONTÉM mais o:: calor. Ela não deixa que:: **abafa a caixa. Evitando que o CALOR saia. (grifo nosso).**

Nessa nova fala, o sujeito S1G3 afirmou que a escolha do metal para a construção da caixa está relacionada ao fato de ele ser um bom condutor de calor. Ele afirma ainda que o calor vai ser conduzido do metal para a fruta, o que vai resultar na desidratação desta.

O sujeito S1G3 disse que escolheram o vidro para cobrir a tampa porque ele “contém mais o calor”. Isso sugere o entendimento de que esse material não é um bom condutor de calor, e que o “calor” que está dentro da caixa não vai sair.

Com relação aos processos de propagação de energia sob a forma de calor, a pesquisadora questionou os sujeitos sobre a aplicação da condução, convecção e radiação na proposta do aparato para a secagem de frutas:

Pesquisadora: Tá,:: Onde foi usada a:: ---- condução NO trabalho de vocês?

Sujeitos: [Através ‘do metal’.

Sujeitos S1G3: “O metal” FAZ contado com a:: fruta porque a peneira vai SER do mesmo:: material que “a caixa”.

Pesquisadora: A peneira vai ser de:?

Sujeitos S1G3: “ metal”.

Pesquisadora: E:: a respeito da radiação?

Sujeitos S1G3: (+) **A radiação é:: entra pelo vidro e::, também a ‘caixa esquentada’.**

Pesquisadora: Hum.

Sujeitos S4G3: Quando “os raios solares” baTEM LÁ, “é radiação”.

Pesquisadora: HUM, radiação. A caixa de vocês é pintada?

Sujeitos: “Sim”, É “de preto”.

Pesquisadora: E Porque de: preto?

Sujeitos S1G3: É:: porque uma [cor preta é:: uma COR que ‘absorve’. Porque:: ela ABSORVE calor.

Pesquisadora: E:: se ‘ela fosse pintada de branco’? SERÁ ‘que teria o mesmo efeito’?

Sujeitos [“Não”.

Sujeitos S1G3: SÓ no caso o alumínio iria:: ABSORVE “o calor”.

Pesquisadora: Tá, mas MESMO que se eu pintasse o ALUMÍNIO de branco, ia SURTIR o mesmo efeito.

Sujeitos S4G3 e S1G3: [Ia ABSORVER, mas nem TANTO como a cor preta PORQUE, o branco ‘reflete a luz solar’.

Pesquisadora: “O que que reflete”?

Sujeitos S1G3: A:: “a luz solar”.

A fala do sujeito S1G3 evidencia que ele entende que o metal é um bom condutor de calor, e que esse material possibilita uma melhor condução de energia para as frutas.

As falas dos sujeitos S1G3 e S4G3 evidenciam que eles associam o Sol como fonte de energia, a qual é conduzida até a caixa pelos raios solares. Estes, quando incidem sobre o vidro, adentram para o interior da caixa e, como forma de energia conduzida pelo metal, chegam até a fruta.

Eles mencionam ainda que se cobrissem a caixa com tinta preta a absorção de energia seria potencializada, porém se a caixa fosse coberta de branco o fenômeno físico predominante seria a reflexão, e não a absorção.

A apresentação foi tida como satisfatória, considerando que houve um entendimento de assimilação do conteúdo explorado na sequência de ensino entre os sujeitos, que indicaram o metal para a elaboração do material da secadora, tendo em vista que este é um bom condutor de energia térmica; apresentaram a caixa da secadora com duas aberturas, sendo a inferior para a entrada de ar do ambiente e a superior, na face oposta, para a saída do ar quente, indicando que houve o entendimento do processo de convecção no interior da secadora; colocaram uma tampa de vidro na secadora, para a retenção da energia sob a forma de calor, uma vez que o vidro não é um bom condutor; dispuseram o alimento em uma grade para facilitar a circulação do ar pelo processo de convecção, indicando que a fonte principal de energia é a radiação solar. Respostas com essas características foram enquadradas na classe conceito presente.

Foram enquadradas como parcialmente satisfatórias as propostas de aparato nas quais os sujeitos não pontuaram corretamente os processos de transferência de energia na forma de calor que foram considerados na elaboração. Respostas com essas características foram consideradas na classe de conceito em construção.

5.4 ANÁLISE DA AULA DEMONSTRATIVA UTILIZANDO UMA SECADORA ARTESANAL

Na aula anterior, os sujeitos distribuídos em três grupos, realizaram a apresentação dos projetos de secadora artesanal por eles planejados para explorar os fenômenos físicos abordados nas aulas teóricas do estudo do calor. Nesse momento a pesquisadora apenas ouviu as apresentações e fez alguns questionamentos sobre as escolhas realizadas pelos sujeitos, não pontuando a aplicação correta ou não do fenômeno físico indicado pelos sujeitos. Posteriormente, foram encaminhados para o laboratório didático de física, para participarem de uma atividade demonstrativa, utilizando uma secadora artesanal de frutas.

Nessa atividade no laboratório, num primeiro momento os sujeitos fizeram a comparação dos aparatos por eles projetados com as escolhas realizadas pela pesquisadora para a construção da secadora solar de frutas. Vale ressaltar que a classificação dos mesmos não seguiu o padrão usado na atividade anterior, pois no posicionamento no laboratório não mantiveram os mesmos grupos, distribuindo-se aleatoriamente ao redor da bancada na qual a secadora foi disposta conforme evidenciamos na figura 15.



Figura 15 - Apresentação da secadora solar aos sujeitos: Fonte: a autora.

Enquanto uns sujeitos manuseavam a secadora artesanal iniciou-se uma discussão na qual, todos falavam ao mesmo tempo, pontuando semelhanças e diferenças entre as escolhas de seus grupos. Pontuaram aspectos como os apresentados na transcrição abaixo.

Sujeito A1: “Olha a saída” de AR.

Sujeito A2: Ai oh. ‘Uma em cima’ e a ‘outra em baixo::’ (apontando para as aberturas na caixa).

Sujeito A3: Olha SÓ a:: telinha que a GENTE falou.

Sujeito A1 para o **sujeito A2**: VOCÊ lembra que EU tinha falado DA telinha verde.

Após esse momento em que os sujeitos observaram a secadora identificando semelhanças e diferenças entre o aparato por eles idealizado e a secadora artesanal de frutas a pesquisadora iniciou uma discussão com os mesmos.

Nessa etapa da atividade, usando a secadora artesanal como um aparato experimental demonstrativo, a pesquisadora buscou dar novos significados aos conceitos presentes na estrutura cognitiva dos sujeitos, realizando assim a reconciliação integrativa.

Considerando que apresentação realizada pelos grupos, na etapa anterior, alguns sujeitos pontuaram a necessidade da caixa ser de metal e se possível pintada de preto a pesquisadora realizou uma discussão da aplicação dos fenômenos físicos conceitos contemplados na construção da secadora. Abaixo apresentamos a transcrição de alguns trechos dessa discussão.

Pesquisadora: “Esta secadora e construída com que MATERIAL?”

Sujeitos: [“De metal”.

Pesquisadora: Por que O METAL?

Sujeito A3: PORQUE metal É um BOM condutor de:: CALOR.

Pesquisadora: Ela poderia SER ---- coberta com uma tinta?

Sujeitos: [SIM.

Pesquisadora: E:: qual seria a cor IDEAL:

Sujeitos: [“De preto”.

Pesquisadora: ‘Porque’ PRETO?

Sujeitos: [Porque:: O preto ABSORVE calor.

Outro ponto destacado pelos sujeitos foi a necessidade de orifícios na lateral da secadora para a entrada e saída de ar e a utilização de uma rede para facilitar a circulação de ar e o processo de convecção. Na discussão transcrita abaixo a pesquisadora busca acrescentar novos significados aos aspectos associados ao processo de convecção.

Pesquisadora: Certo:: vocês VIRAM que temos duas aberturas! Essa ABERTURA aqui:: (indica na secadora, figura 16 (a)) vamos pegar o NÍVEL aqui do:: meio aqui dessas LATERAIS essa aqui, está ABAIXO do meio da lateral (indica na secadora) e essa aqui ESTÁ acima (indica na secadora), PORQUE essa diferença de NÍVEL?

Sujeito A2: PORQUE o ar entra LÁ (abertura abaixo) e sai aqui em CIMA (abertura acima).

Sujeito A3: O:: AR frio fica em baixo e o AR quente fica em CIMA.

Pesquisadora: Para nós COLOCARMOS essa ---- secadora LÁ ao sol pra SECAR “os alimentos, como ela seria COLOCADA? Ela deve ficar inclinada? De que Forma?

Sujeitos: [“Assim” (indica na secadora, figura 16 (b)).

Pesquisadora: Por que ASSIM, com a abertura inferior para baixo (indica na secadora)?

Sujeito A3: PORQUE o AR vai entrar LÁ (abertura inferior) e sair AQUI (abertura superior).

Pesquisadora: E:: essa:: essa bandeja AQUI É feita de::?

Sujeito A3: “MADEIRA”.

Pesquisadora: [O:: quadro dela É de madeira, PARA sustentação, mas ela é revestida com uma TELA “essa tela” ajuda em ALGUMA coisa?

Sujeitos: [“Ajuda”.

Sujeito A3: AJUDA.

Sujeito A3: ‘Ajuda’, porque ALÉM dela ajudar a FILTRAR ela:: ah:: ‘deixa mais fácil’ a passagem do AR.

[risos]



Figura 16 - Apresentação da secadora solar aos sujeitos. Fonte: a autora.

Outro ponto da discussão foi a utilização de uma tampa de vidro e o local adequado para seu posicionamento em relação ao Sol.

Pesquisadora: QUAL é o:: motivo assim:: deSSE:: vidro aqui em cima o que que esse vidro vai ajudar NA “secagem dos alimentos”.

Sujeito A3: ‘Ele vai:: ajudar entrar a:: luz do sol’.

Pesquisadora: TÁ entra a LUZ DO SOL e dai::?

Sujeito A4: ‘Ela ABAFA o calor’.

Pesquisadora: O que você QUER dizer com “abafa o calor”?

Sujeito A2: Ela não vai PERMITIR que:: o calor que:: ESTIVER dentro da caixa sai PRA fora.

Pesquisadora: A secadora Vai ficar o dia todo NA MESMA:: posição?

Sujeito: ‘Tem’ que:: FICAR mudando ela de lugar.

Sujeito A4: “NÃO”.

Sujeito A2: TEM que FICAR mudando ela de lugar.

Sujeito A4: NÃO, você vai:: ESTIPULAR uma HORA e:: ‘de acordo COM aquela hora’ “você vai lá”.

[risos]

Pesquisadora: Então:: DURANTE o dia vai mudando ele de lugar para:: que ela receba a maior quantidade de:: “energia solar”.

Especialmente com relação ao processo de propagação do calor por convecção e irradiação foi realizada uma discussão mais demorada. Na fala dos sujeitos evidenciou-se que suas explicações não faziam uso dos conceitos físicos de forma satisfatória. Eles pontuavam a necessidade da tampa vidro, o posicionamento dos orifícios e o direcionamento da caixa com relação ao Sol, mas

não conseguiam explicar o motivo dessas escolhas. Nas discussões a pesquisadora fazia uso da fala de alguns dos sujeitos para realizar a abordagem conceitual cientificamente aceita, buscando valorizar o entendimento demonstrado por alguns deles e dessa forma motivando-os a uma participação ativa.

A atividade realizada com o uso da secadora artesanal de frutas foi idealizada para propiciar uma reconciliação integrativa e os resultados obtidos sugerem que o objetivo foi atingido. Os sujeitos participaram ativamente da discussão e na etapa de observação pontuaram semelhanças e diferenças entre os projetos elaborados e a secadora utilizada na atividade experimental demonstrativa.

No final da atividade questionaram ainda sobre outros tipos de secadora solar e a diferença entre os processos artesanal e industrial.

Sujeito A5: EXISTE outro tipo de “secadora artesanal”?

Pesquisadora: Basicamente são todas iguais. O:: que pode mudar é o tamanho da caixa e o material utilizado. A que vocês fizeram, tem em linhas gerais o mesmo modelo dessa aqui.

Sujeito A5: Existe ALGUMA secadora que SEJA com:: luz artificial?

Pesquisadora: AQUI no Instituto temos as ‘secadoras’ industriais., mas, em contrapartida consomem muita energia elétrica.

Sujeito A5: Qual a:: diferença de tempo de SECAGEM de alimentos entre a SOLAR e a ARTIFICIAL?

Pesquisadora: Com o tempo ensolarado, uns seis dias na secadora solar::, agora na inDUSTRIAL é:: questão de HORAS você tem o alimento desidratado.

Tal questionamento propiciou uma aproximação entre a abordagem conceitual realizada nas aulas de física com o cotidiano do sujeito no curso de Técnico em Alimentos. Eles indicaram que um dos benefícios do processo de desidratação dos alimentos é que, com a retirada de água, possibilita armazenar o alimento por um tempo maior para posterior consumo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho de mestrado profissionalizante nos propomos a realizar uma pesquisa e elaboração de um produto com o objetivo de explorar o estudo do calor, em aulas de Física com a finalidade de realizar uma contextualização dos processos de propagação da energia sob a forma de calor na secagem de alimentos.

Inicialmente realizamos uma pesquisa bibliográfica para identificar estudos que justificassem a importância da pesquisa realizada e também auxiliassem na definição dos referenciais teóricos e metodológicos empregados.

As pesquisas realizadas em artigos, dissertações e trabalhos de conclusão de curso, utilizadas para embasamento teórico desse trabalho, apontaram para uma grande dificuldade quanto ao ensino e aprendizagem da disciplina de Física.

Durante a leitura desses trabalhos, verificamos que existe um obstáculo para os professores e estudantes, principalmente quanto à contextualização dos conteúdos dessa disciplina, pois os livros didáticos, em sua grande maioria trazem poucos exemplos aplicados ao cotidiano do estudante.

No que se refere à contextualização para um curso profissionalizante essa lacuna é ainda maior. Não foram identificados trabalhos que direcionassem o ensino de Física, para um curso médio integrado, particularmente com relação à contextualização da calorimetria para um curso Técnico em Alimentos. Esse resultado confere importância ao trabalho aqui relatado e ao produto a ele associado: uma sequência de ensino para explorar os processos de transferência da energia sob a forma de calor na conservação de alimentos.

Além disso, a pesquisa bibliográfica auxiliou-nos a definir a Teoria da Aprendizagem Significativa como referencial teórico e metodológico e despertou o interesse em utilizar a História da Ciência como organizador prévio e elemento motivacional. Isso resultou numa nova pesquisa bibliográfica para elaboração do capítulo 1.

Com base nesse material histórico elaboramos uma sequência de ensino, composta de quatro etapas, orientada pelos aspectos norteadores da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, para realizar a contextualização da calorimetria no Curso Técnico em Alimentos, do Instituto Federal de Mato Grosso do

Sul – Campus Coxim. Ela foi aplicada no contra turno, a um grupo de 19 estudantes voluntários do segundo semestre/período do curso, os quais participaram de todas as etapas da intervenção.

Apesar de não elaborarmos instrumentos para avaliar o aspecto motivacional ou aos relacionados aos objetivos do domínio afetivo de Taxonomia de Bloom ressaltamos a participação de todos os sujeitos em todas as etapas da intervenção realizadas como um fator positiva da sequência de ensino.

Em conformidade com a Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003), aplicamos uma Avaliação Diagnóstica Inicial com o objetivo de verificar a existência de subsunçores necessários à ancoragem dos novos conceitos e obter informações sobre o entendimento dos sujeitos sobre o conceito de temperatura, calor, equilíbrio térmico e dos tipos de propagação da energia sob a forma de calor, que se fazem presentes nas várias formas de conservação de alimentos. O resultado dessa avaliação sinalizou a ausência de subsunçores e para necessidade de elaborar organizadores prévios.

Em concordância com o entendimento de autores como Boss, Filho e Caluzi (2009), que fizeram uso de textos históricos como organizadores prévios, elaboramos duas aulas para realizar a abordagem histórica dos conceitos de temperatura e calor.

Em seguida, foi realizada em duas aulas de 45 minutos cada, uma abordagem dos conceitos de temperatura, calor, equilíbrio térmico e os tipos de propagação de energia sob a forma de calor, por meio de mapas conceituais, seguindo uma estrutura hierárquica de apresentação com a participação dos sujeitos, na discussão dos conceitos e suas aplicações no cotidiano dos mesmos.

Evidenciamos que o uso do mapa conceitual durante as aulas da sequência de ensino contribuiu para a introdução dos novos conceitos, pois antes da abordagem desses, foi destinado um momento para a retomada dos conceitos trabalhos anteriormente para que esse novo pudesse ser ancorado no subsunçor necessário para tal, presente na estrutura cognitiva dos sujeitos.

Novamente seguindo orientações da Teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003, MOREIRA E MASINI, 1982), a qual pontua que para verificação da assimilação de um conteúdo faz-se necessário que os sujeitos possam aplicar os conceitos abordados em atividade diferenciada daquelas fornecidas durante a sequência

de ensino, os sujeitos foram solicitados a elaborarem/idealizarem um aparato, que fazendo uso dos conceitos de propagação da energia sob a forma de calor, fosse possível fazer a secagem de alimentos. Durante a apresentação de cada um dos grupos, pode-se verificar que a sequência de ensino se mostrou favorável. Os sujeitos apresentaram os aparatos idealizados de forma bem próxima de uma secadora solar de frutas, estabelecendo o material utilizado, o porquê de sua utilização; pontuando as aberturas, de forma correta, para entrada de ar, proveniente do ambiente e saída do ar quente e, dispondo o alimento em uma peneira coberta com uma malha, com a finalidade de facilitar a movimentação do ar dentro da secadora.

Para realizar a reconciliação integrativa fizemos uso de uma atividade demonstrativa utilizando uma secadora solar artesanal de frutas onde os sujeitos tiveram a oportunidade de fazerem uma comparação do aparato idealizado com uma secadora solar, construída para amparar uma discussão do estudo do calor na secagem de alimentos. Para finalizar esta atividade a pesquisadora fez uma abordagem dos processos de propagação da energia sob a forma de calor utilizada na secagem de alimentos, destacando o material utilizado para fabricação da caixa e da tampa, bem como da peneira, utilizada para disposição dos alimentos, todos embasados no estudo do calor, apresentado durante a sequência de ensino.

Finalizando os trabalhos, aplicamos a Avaliação Diagnóstica Final. Por meio de uma comparação dos resultados dessa, com os da Avaliação Diagnóstica Inicial, evidenciamos uma evolução conceitual por parte dos sujeitos, pois muitas questões que haviam sido deixadas em branco na AVI foram respondidas na AVF, conforme análise feita no capítulo 5.

Especificamente com relação à questão 6 que abordava o estudo do calor na conservação de alimentos, verificamos que grande parte dos sujeitos, que não apresentaram uma resposta na ADI, tiveram esta questão respondida de forma elaborada de acordo com o estudo do calor apresentado na segunda etapa da sequência de ensino, pois, uma análise da mesma apresentou que os 19 sujeitos foram classificados na classe conceito em construção o que para nós é um grande avanço, sendo que na ADI as respostas dos sujeitos foram classificadas em questão em branco ou conceito não identificado.

Todas as etapas desenvolvidas nessa intervenção tenham como objetivo responder a questão de pesquisa: Até que ponto uma sequência de ensino que explore a

contextualização da Calorimetria e relações entre conservação de alimentos possa contribuir para uma aprendizagem significativa?

Os resultados sinalizaram que a sequência de ensino pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa, abordando o estudo do calor se apresentou potencialmente significativa, uma vez que os sujeitos conseguiram aplicar esses conceitos em uma atividade diferenciada.

Vale ressaltar também, que os 19 sujeitos possivelmente tenham se sentidos motivados a participarem da pesquisa, pois se prontificaram para esse trabalho, de forma voluntária, e se fizeram presentes em todas as atividades propostas. Isso sugere que a contextualização realizada propiciou a participação ativa e motivou-os.

Consideramos que foi possível, durante aulas de Física, abordar os conteúdos da ementa do curso integrado de Técnico em Alimentos e ao mesmo tempo proporcionar uma contextualização da calorimetria. Pretendemos que o produto dessa dissertação possa ser utilizado com a mesma eficácia em outros campi do Instituto Federal que oferecem o curso Técnico em Alimentos.

Futuramente, pretendemos aplicar a sequência de ensino em situação normal de sala de aula, seguindo a matriz curricular do curso técnico em alimentos e com a possibilidade de contextualização para a disciplina de Operações Unitárias, que trata da conservação de alimentos pela propagação da energia sob a forma de calor.

REFERENCIAS

- AGUIAR JR, O. *Calor e Temperatura no Ensino Fundamental: Relações entre o ensino de aprendizagem numa perspectiva construtivista*. Revista Investigação em Ensino de Ciências, V4(1), pp. 73-90 (1999).
- AGUIAR JR, O.; MORTIMER, E. F. *Tomada de Consciência de Conflitos: Análise da atividade discursiva em uma aula de ciências*. Revista Investigação em Ensino de Ciências, V10(2), pp. 179-207, (2005).
- AUSUBEL, D. *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Tradução: Lígia Teopisto, 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana. 2003, 242 p
- BASSALO, J. M. F. *A Crônica do Calor: Calorimetria*. Revista Brasileira de Ensino de Física. V14(1), (1992).
- BASSALO, J.M. F. *A Crônica do Calor: Termometria*. Revista de Ensino de Física. V13, pp. 135-161, (1991).
- BRITO A. S. “Flogístico”, “Calórico” & “Éter”. Revista Ciência e Tecnologia dos Materiais. V20(3/4), pp. 51-63, (2008).
- BOSS S, L. B.; FILHO M. P. S.; CALUZI J. J. *Fontes primárias e aprendizagem significativa: aquisição de subsunçores para a aprendizagem do conceito de carga elétrica* - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência. Florianópolis, nov., 2009.
- CÂMARA, H. R. *Análise de Conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicas às organizações. Gerais*. Revista Interinstitucional de Psicologia, 6 (2), jul – dez, 2013, 179-10, (2013).
- CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. *Ensinando o Efeito Fotoelétrico por meio de Simulações Computacionais: Roteiro de aula de acordo com Teoria da Aprendizagem Significativa*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPECM, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. 118 p.
- CASTRO, R. S. *Historia da Epistemologia da Ciência: investigando suas contribuições num curso de Física de segundo grau*. Dissertação (Mestrado em Física) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993. 48 p.
- CINDRA, J. L; TEIXEIRA, O. P. B. *Discussão Conceitual para o Equilíbrio Térmico*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V21, pp. 176-193, (2004).
- ERROBIDART. N. C. G. *O Estudo Qualitativo das Transformações pelas quais passam os Saberes até Chegarem à Sala de Aula do Conteúdo de Física Ondulatória*. 2010. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010. 140f.
- FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. *Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do Instrumento para definição de objetivos Instrucionais*. Revista Gestão e Produção. São Carlos, v 17, n.2, p. 421-431, 2010.
- GAVA, A. J; SILVA, C. A. B; FRIAS, J. R. G. *Tecnologia de alimentos. Princípios e aplicações*. V. único. Editor Nobel. São Paulo, 2008. 511 p.

GOMES, J. L. A. M. C.; *Conceito de Calor: Contexto Histórico e Proposta para Sala de Aula*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013. 79p

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. *Física 2*. 4ª. ed. LTC Editora. Rio de Janeiro, 1996, pp. 166-234.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. V 2. 4ª. ed. LTC Editora. Rio de Janeiro, 1996, pp. 169-195.

HEWITT, P. G. *Física Conceitual*. 11ª. ed. Porto Alegre. Ed. Bookman. 2011, pp. 271-379.

KAPP, M. S. V; KAPP, J. S. *Os Conceitos Físicos de Temperatura e Calor Aplicados à Conformação Mecânica de Materiais: Uma proposta de abordagem motivadora*. Revista Eletrônica de Educação e Tecnologia do SENAI-SP. V4(8). <<http://revistaeletronica.sp.senai.br>>. Acesso em: 15/06/2014.

KNIGHT, R. D. *Física: Uma Abordagem Estratégica*. V2. 2ª. ed. Bookman, 2009, pp. 480-533.

KÖHNLEIN, J. F. K; PEDUZZI, S.S. *Estudo a Respeito das concepções Alternativas sobre Calor e Temperatura*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. V2(3), pp. 84-96, (2002).

MARCUSCHI, L.A. *Análise da Conversação*. Ed. 5ª. Ed. Ática. São Paulo 2003. 95p.

MARQUEZ, N. L. R. *Formação dos Alunos do Curso Normal para o ensino de Ciências nas Séries Iniciais: Uma experiência em Física Térmica*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. 139f.

MATTOS, C; DRUMOND I, A. *Sensação Térmica: Uma abordagem interdisciplinar* V. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. , V21(1), p. 7,34, (2004).

MOREIRA, A.M. *Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais*. I Workshop sobre Mapeamento Conceitual, São Paulo, março de 2013. Publicado na série Textos de Apoio ao Professor de Física, Vol. 24, N. 6, 2013, do PPGEnFis/IF-UFRGS, Brasil.

MOREIRA, M. A. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora UnB, Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. *Subsídios teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: A Teoria da Aprendizagem Significativa*. Porto Alegre, 2009.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente*. Revista Meaningful Learning Review – V1(3). Pp 25-46,2011.

MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais e Diagramas* V. Adaptado de uma conferência proferida na Terceira Reunião Nacional de Educação em Física, Argentina, out.1983. CONTACTOS, México, 3 (2):38-57, 1988, em *Monografias do Grupo de Ensino, Série Enfoques Didáticos*, N° 2, 1991 e na *Série Textos de Apoio ao Professor de Física*, N° 3, 1992. Revisado, atualizado e ampliado em 2006.

MOREIRA, M. A; MASSINI, E. F. S. *APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: A Teoria de David Ausubel*. São Paulo, 1982. 109 p.

- NUNES, J. M. V.; ALMOULOU, S. A.; GUERRA, R. B. *O contexto da História da Matemática como Organizador Prévio*. Rio Claro, SP, v. 23, n° 35B, p. 537^a561, abril, 2010.
- OETTERER, M; REGITANO-D'ACE, M. A. B; SPOTO, M. H. F. *Fundamentos de Ciências e Tecnologia de Alimentos*. V. único. Editora Manole. Barueri, 2010. 632 p.
- ORDÓÑEZ, J. A. *Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos processados*. V. I. Editora Artmed, São Paulo, 2005. 294 p.
- PEDUZZI, L. O. Q.; ZYLBERSZTAJN, A.; MOREIRA, M. A. *As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história da ciência numa sequência de ensino de conteúdo em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento*. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 14, no. 4, 1992.
- PEREIRA, C. L. N; SILVA, R. R. *A História da Ciência e o Ensino de Ciências*. Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais. Edição Especial, Março de 2009. Disponível em: <http://docslide.com.br/documents/-rv-gis-revista-virtual-de-gestao-de-iniciativas-sociais-.html>. Acesso em: 20/04/2014.
- PEREIRA, et al. *Avaliação de temperaturas em câmaras frigoríficas de transporte urbano de alimentos resfriados e congelados* Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos., V30(1), pp. 158-165, (2010).
- PESSOA JR, Oswaldo. *Uma investigação concernente à fonte do calor que é excitada pelo atrito (1798)*. Tradução feita do inglês para o curso de Tópicos da História da Física Moderna, IFUSP, prof. Oswaldo Pessoa Jr., 1º. semestre de 2004. Extraído de Magie. W. F. (org.) (1935), *A Source Book in Physics*. Nova York: McGraw-Hill, pp. 151-61. Disponível em: <http://www.fflch.usp.br/> Acesso em: 03/03/2014.
- PIRES, D. P. L; AFONSO, J. C; CHAVES, F. A. B.. *Do Termoscópio ao Termômetro Digital: Quatro séculos de termometria*. Revista Química Nova. V29(6), pp. 1393-1400 (2006).
- PRANDEL, L. V. *Evolução do Conceito de Temperatura nas Diferentes Abordagens da Física*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Física), Departamento de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2005. 70 f.
- PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS*. Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Viçosa, 2008.
- REALE, G.; ANTISERI, D. *Historia da Filosofia: Antiguidade e Idade Média*. V. I. 4ª. Edição. Ed. Paulus. São Paulo, 1990 (p. 124 e 172).
- REZENDE, et al. *Secagem de Alimentos por Fontes de Energia Renováveis: Possibilidade de geração de renda para o pequeno produtor rural do sudoeste baiano* Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.. Londrina (2007).
- RIBEIRO, R. J.; SILVA, S. C. R.; Koschiansdi, A. *Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: O formato curta de animação*. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.14, n. 03, p. 167-183 set-dez 2012.
- ROSA, P. R.S. *Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa em Ensino*. UFMS. 159 p. 2013.

- ROSA, P. R. S; MOREIRA, M. A. *Uma Introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino*. Versão 2008. 122 p, 2008
- SILVA, A. P. B; FORATO, T. C.M; GOMES, J. L. A.M C. *Concepções Sobre a Natureza do Calor em Diferentes Contextos Históricos*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V30(3), pp. 492-537, (2013).
- SILVA, O. H. M. da; LABURÚ, D.E; NARDI, R. *Reflexões para Subsidiar Discussões Sobre o Conceito de Calor na Sala de Aula*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, V25(3), pp. 383-396, (2008).
- SOUZA, et al. *Defumação da Tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) Inteira Eviscerada e Filé: Aspectos referentes às características organolépticas, composição centesimal e perdas ocorridas no processamento*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.1, p.27-36, 2004.
- SOUZA, R. S.. *O Experimento de Joule e o Ensino de Termodinâmica Baseado na História da Ciência: Uma proposta didática*. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012. 58 f.
- SOUZA, V. C. A; JUSTI, R. *Diálogos Possíveis entre o Ensino Fundamental em Modelagem e a História da Ciência*. Revista Eletrônica de Enseñanza de Las Ciencias, V11(2), (2012). Disponível em: <<http://reec.uvigo.es>>. Acesso em: 12/06/2014.
- TIPLER A. P.. *Física*. V 1b. 2ª. ed. Ed. Guanabara Dois. Rio de Janeiro, 1982, pp. 459-529.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física Para Cientistas e Engenheiros*. 5ª. ed. LTC Editora. Rio de Janeiro, 2006, pp. 597-655.
- TORRES, C. M. A.; FERRANO, N. G.; SOARES, P. A. T. *Física: Ciência e Tecnologia*. V. 1. 2ª. ed. Ed. Moderna, São Paulo, 2010, pp. 201-238.
- TORRES, C. M. A.; FERRANO, N. G.; SOARES, P. A.T. *Física: Ciência e Tecnologia*. V. 2. 2ª. ed. Ed. Moderna, São Paulo, 2010, pp. 201-238.
- www.inmetro.gov.br/metcientifica/mat_ref_cert.asp.
- YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. *Física II – Termodinâmica e Ondas*. 10ª. ed. Editora Addison Wesley. São Paulo, 2003, pp. 105-210.

ANEXO 1

SÍMBOLOS USADOS NA TRANSCRIÇÃO DE FALAS

Quadro 5 - Resumo explicativo das normas compiladas e dos exemplos apresentados por Marcuschi (1986, p. 10-13).

Categorias	Sinais	Descrição das categorias	Exemplos
1. Falas simultâneas	[[Usam-se colchetes para dois falantes iniciam ao mesmo tempo um turno.	... B: mas eu não tive num remorso né' A: [mas o que foi que houve'' J: [meu irmão também fez uma dessas' B: depois ele voltou e tudo bem,
2. Sobreposição de vozes	[Dois falantes iniciam ao mesmo tempo um turno.	... E: o desequilíbrio ecológico pode a qualquer momento: acabar com a civilização [natural J: [mas não pode ser/ o mundo tá se preocupando com isso E./ (+) o mundo ta evitando/.../
3. Sobreposições localizadas	[]	Ocorre num dado ponto do turno e não forma novo turno. Usa-se um colchete abrindo e outro fechando.	... M: A. é o segu [inte' eu queria era:: A: [im] M: eh: dizer que ficou pronta [a cópia A: [ah sim] M: ela fez essa noite (+)/.../
4. Pausas e silêncios	(+) ou (2.5)	Para pausas pequenas sugere-se um sinal + para cada 0.5 segundo. Pausas em mais de 1.5 segundo, cronometradas, indica-se o tempo .	Ver exemplos no item 5.
Categorias	Sinais	Descrição das categorias	Exemplos
5. Dúvidas ou sobreposições	()	Quando não se entender parte da fala, marca-se o local com parênteses e usa-se a expressão <i>inaudível</i> ou escreve-se o que se supõe ter ouvido.	... A: /.../ por exemplo (+) a gente tava falando em desajuste, (+) EU particularmente acho tudo na vida relativo, (1.8) TUDO TUDO TUDO (+) tem um que sã::o (+)/ tem pessoas problemáticas porque tiveram muito amor (é o caso) (incompreensível) (+) outras porque/.../
6. Truncamentos bruscos	/	Quando o falante corta a unidade pôde-se maçar o fato com uma barra. Esse sinal pode ser utilizado quando alguém é bruscamente cortado pelo interlocutor.	... L: vai tê que investi né'' C: / (+) agora tem uma possibilidade boa que é quando ela sentiu que ia morá lá (+) e:le o dono/ ((rápido)) ela teve conversan comi/ agora ele já disse o seguinte (+) ...

7. Ênfase ou acento forte	MAIÚSCULA	Sílaba ou palavras pronunciada com ênfase ou acento mais forte que o habitual.	Ver exemplos
8. Alongamento de vogal	::	Dependendo da duração os dois pontos podem ser repetidos.	... A: co::mo” (+) e::u
9. Comentários do analista	(())	Usa-se essa marcação no local da ocorrência ou imediatamente antes do segmento a que se refere.	((ri)), ((baixa o tom de voz)), ((tossindo)), ((fala nervosamente)), ((apresenta-se para falar)), ((gesticula pedindo a palavra))
10. Silabação	-----	Quando uma palavra é pronunciada sílaba por sílaba, usam-se hifens indicando a ocorrência.	
11. Sinais de entonação	” ’ ,	<i>Aspas duplas</i> para subida rápida. <i>Aspas simples</i> para subida leve (algo como um vírgula ou ponto e vírgula). <i>Aspas simples abaixo da linha</i> para descida leve ou simples.	Ver itens 1, 6 e 8.

Categorias	Sinais	Descrição das categorias	Exemplos
12. Repetições	Própria letra	Reduplicação de letra ou sílaba.	e e e ele; ca ca cada um.
13. Pausa preenchida, hesitação ou sinais de atenção		Usam-se reproduções de sons cuja grafia é muito discutida, mas alguns estão mais ou menos claros.	eh, ah, oh. ih:::, mhm, ahã, dentre outros
14. Indicação de transição parcial ou de eliminação	... ou /.../	O uso de reticências <i>no início e no final</i> de uma transcrição indica que se está transcrevendo apenas um trecho. <i>Reticências entre duas barras</i> indicam um corte na produção de alguém.	Ver item 5.

APÊNDICE 1

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA INICIAL

Nome: _____

1 - Toda matéria é composta por pequenas partículas que ao serem agrupadas formam as moléculas. Essas moléculas possuem a capacidade de vibração em torno de seu próprio eixo, com maior ou menor intensidade. Essa vibração, dependendo da forma de organização da estrutura da matéria, classifica a matéria em sólida, líquida e gasosa.

Para cada um dos estados de agregação da matéria apresentado abaixo, desenvolva a seguinte atividade:

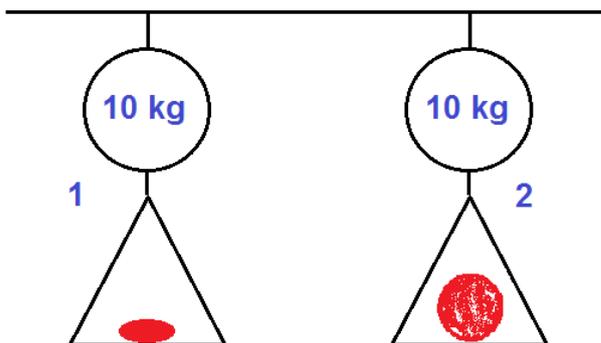
- a) descreva (fazendo uso de um desenho) a forma como as partículas estão organizadas;
- b) descreva as principais características da matéria em cada uma das fases:

Sólido:

Líquido:

Gasoso:

2 – Observe as figura 1 e 2 abaixo. Massas estão colocadas sobre os pratos de duas balanças.



Por meio de um texto, diga qual a relação existente entre as massas, os volumes e as densidades da substância na primeira e na segunda situação.

3 – Em embalagens alimentícias é comum encontrar, nas especificações do produto, a sua densidade. Em determinadas circunstâncias verifica-se que essa embalagem pode ficar deformada (estufada).

Elabore um texto apontando o que ocorreu com a massa, o volume e a densidade do produto resultando do processo em que a embalagem ficou estufada.

4 – Durante a preparação de uma geleia faz-se necessário verificar a sua temperatura para que o processo seja bem sucedido, usando para tal um instrumento denominado termômetro espeto, específica para a indústria alimentícia.

Desta forma, responda às questões abaixo:

- a) Demonstre de que maneira a vibração das partículas que constituem uma substância influencia na temperatura da mesma?

- b) Descreva o que ocorreu com a massa, o volume e a densidade da geleia quando foi alterado o valor da sua temperatura, por exemplo, de 30°C para 100°, que é o ponto médio de preparação da mesma?

- c) Qual a relação existente entre a intensidade de vibração das partículas do mercúrio, que estão dentro do bulbo do termômetro, com as moléculas que constituem a geleia, após o contato desse instrumento com a mesma, para que possa indicar sua temperatura.

5– Para aquecer certa quantidade de água para preparar um café, por exemplo, coloca-se esta água em um recipiente que é levado à chama do fogão. Isso resulta no aumento da temperatura do líquido que está dentro do recipiente, ou seja, provocando seu aquecimento.

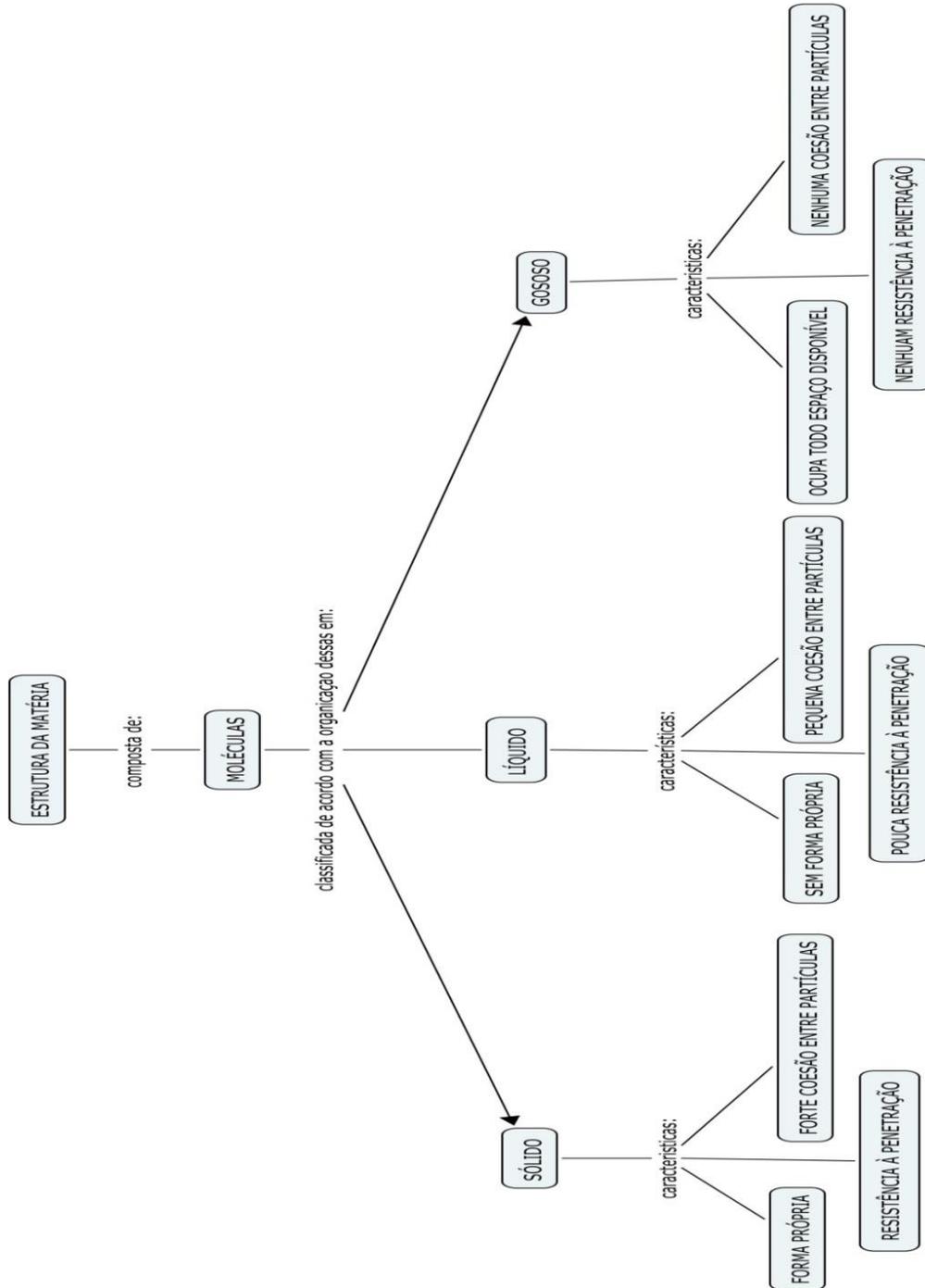
a) Durante o processo de aquecimento da água evidenciamos a formação de bolhas que se inicia no fundo do recipiente e sobe para a superfície do líquido, originando uma “troca” de posição entre as moléculas de água. Elabore um texto explicativo para o processo, buscando demonstrar o que ocorreu com o volume e densidade das moléculas de água devido ao aumento da sua intensidade de agitação e o que provocou esse aumento.

b) O processo acima pode ser explicado pelo termo Calor. Desta forma descreva o que é calor.

c) Descreva as formas de propagação do calor?

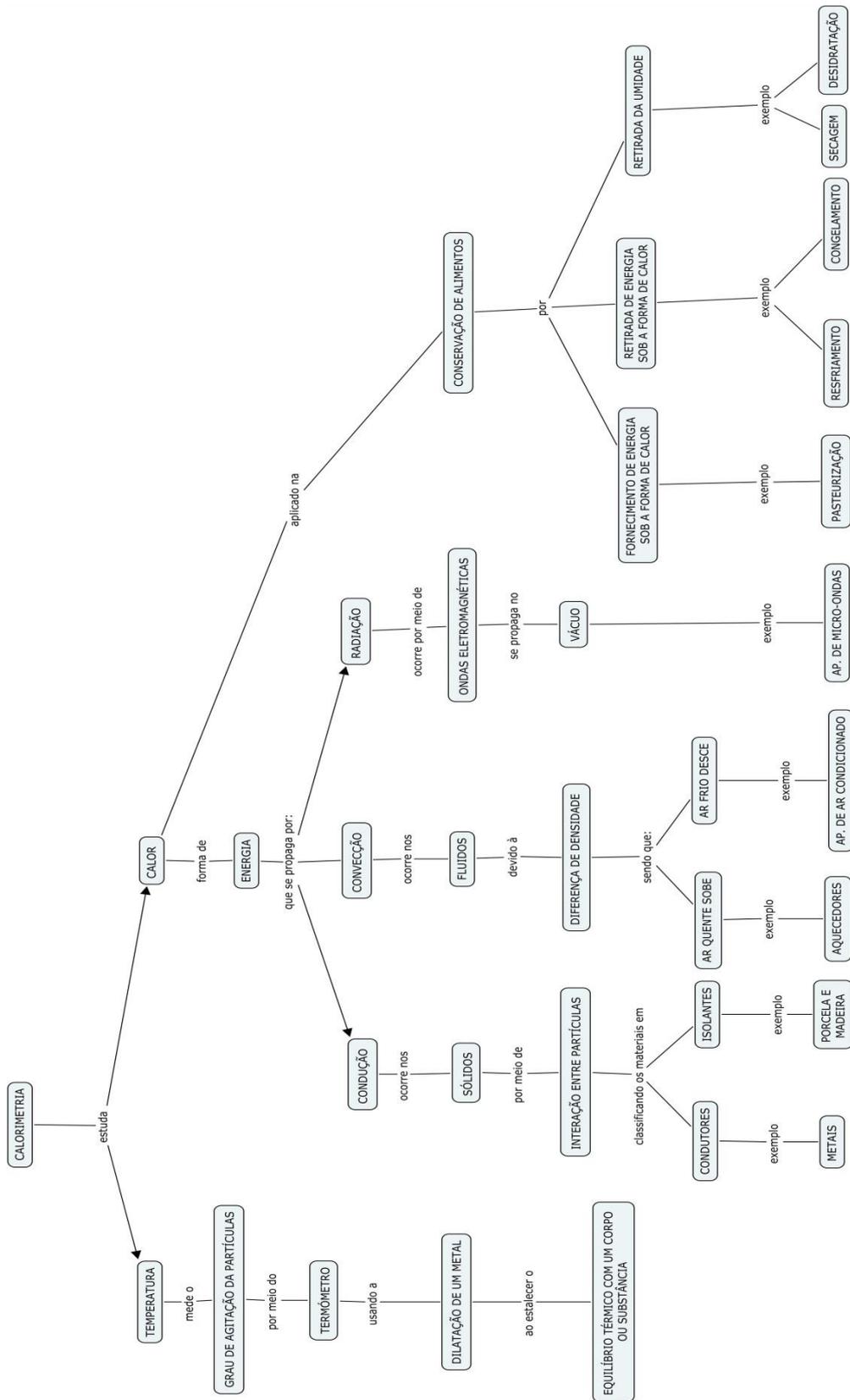
APÊNDICE 2

MAPA CONCEITUAL DE ESTRUTURA DA MATÉRIA



APÊNDICE 3

MAPA CONCEITUAL DO ESTUDO DO CALOR



APÊNDICE 4

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA FINAL

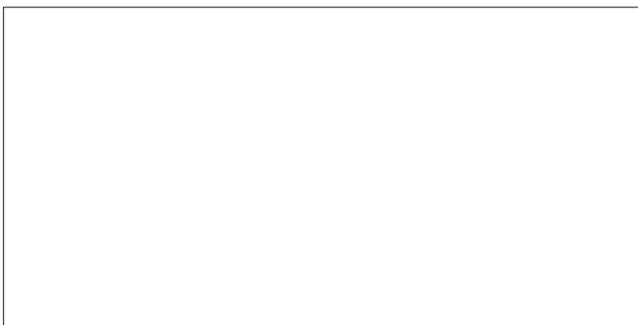
Nome: _____

1 - Toda matéria é composta por pequenas partículas que ao serem agrupadas formam as moléculas. Essas moléculas possuem a capacidade de vibração em torno de seu próprio eixo, com maior ou menor intensidade. Essa vibração, dependendo da forma de organização da estrutura da matéria, classifica a matéria em sólida, líquida e gasosa.

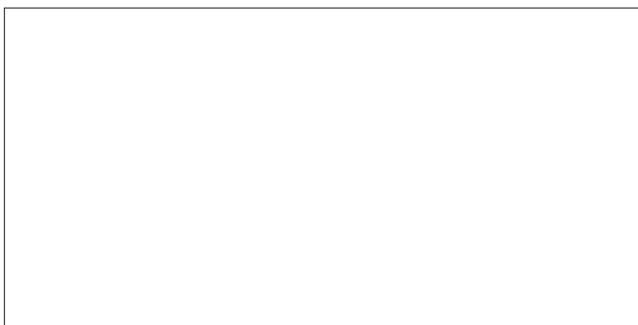
Para cada um dos estados de agregação da matéria apresentado abaixo, desenvolva a seguinte atividade:

- a) descreva (fazendo uso de um desenho) a forma como as partículas estão organizadas;
- b) descreva as principais características da matéria em cada uma das fases:

Sólido:



Líquido:



Gasoso:

- b) Qual a relação existente entre a intensidade de vibração das partículas do mercúrio, que estão dentro do bulbo do termômetro, com as moléculas que constituem a geleia, após o contato desse instrumento com a mesma, para que possa indicar sua temperatura.

5- Para aquecer certa quantidade de água para preparar um café, por exemplo, coloca-se esta água em um recipiente que é levado à chama do fogão. Isso resulta no aumento da temperatura do líquido que está dentro do recipiente, ou seja, provocando seu aquecimento.

a) Durante o processo de aquecimento da água evidenciamos a formação de bolhas que se inicia no fundo do recipiente e sobe para a superfície do líquido, originando uma “troca” de posição entre as moléculas de água. Elabore um texto explicativo para o processo, buscando demonstrar o que ocorreu com o volume e densidade das moléculas de água devido ao aumento da sua intensidade de agitação e o que provocou esse aumento.

APÊNDICE 5

ROTEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE PRÁTICA

Aplicando o conceito de temperatura, calor e as formas de propagação da energia sob a forma de calor, em uma secadora de frutas.

Elabore um aparato a partir das questões abaixo que possa fazer uso da energia sob a forma de calor e ser usado para secagem de frutas.

1 – Qual o material de fabricação da caixa da secadora?

2 - O material de fabricação da caixa influi na secagem do alimento? Justifique.

3 – Que cor de tinta poderia ser usada para cobrir a caixa da secadora?

Justifique.

4 - Qual a finalidade das aberturas nas laterais frontal e posterior da caixa?

5 - Verifica-se que essas aberturas localizam, uma abaixo do centro de uma das faces e outra acima do centro da face posterior. Qual a finalidade dessa diferença de nível das aberturas?

6 – Qual o material usado para a fabricação da bandeja onde serão dispostas as frutas para secagem? Esse material influi na secagem do alimento? Justifique.

7 – Que outro material poderia ser usado nessa bandeja para facilitar a secagem das frutas. Justifique.

8 - A tampa de vidro da secadora possui alguma função na secagem dos alimentos? Justifique.

9 - Qual o melhor posicionamento dessa secadora ao sol, para a secagem das frutas? Justifique.

10 - Quais os tipos de propagação de energia sob a forma calor que essa secadora utiliza para a secagem de frutas? Descreva como cada forma contribui para esse processo.

APÊNDICE 6

HISTÓRIA DO CONCEITO DE CALOR E TEMPERATURA

Assim como temos uma história de vida, a Física também tem a sua, pois é uma ciência que passou por um processo evolutivo com o passar dos tempos.

O que conhecemos atualmente faz parte de uma longa transformação/construção que basicamente começou com os grandes pensadores da história antiga, que tentaram explicar a natureza e os fenômenos que a envolviam. Esses conhecimentos foram sendo aprimorados cada vez mais, principalmente entre os séculos XVI e XIX (CINDRA E TEIXEIRA, 2004).

A forma de se fazer ciência passou por grandes mudanças no século XVIII, o chamado “século da razão”, época em que foi estabelecida a necessidade de se definir uma sistematização das observações e de se comunicarem as ideias adquiridas.

Essas mudanças possivelmente foram advindas das necessidades criadas pela revolução industrial, com a busca crescente de combustíveis para o funcionamento das indústrias (SILVA, FORATO E GOMES, 2013).

Atualmente, com a possibilidade de pesquisas em laboratórios, esses fenômenos possuem explicações cada vez mais apuradas e consistentes.

O conceito de calor e temperatura, assim como todos os demais conceitos físicos que são abordados no Ensino Médio, evoluiu com o desenrolar da história.

Grupos de pensadores como Aristóteles (figura 17a), Platão (figura 17b) e mais tarde Galileu e Newton, dentre tantos outros, cada qual na sua época, procuraram definir cada uma dessas grandezas de acordo com as experiências vividas em seu tempo, com os pensamentos e conhecimentos que possuíam e de acordo com os acontecimentos da sociedade da época.

Assim, a partir do próximo tópico, será feita uma abordagem histórica.

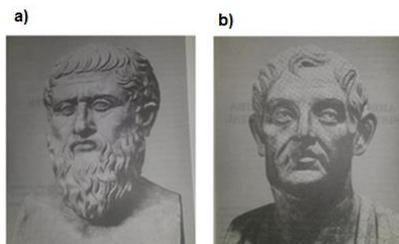


Figura 17- (a) Platão e (b) Aristóteles – Fonte: (REALE e ANTISERI, 1990).

1.1 O CONCEITO DE CALOR

Dentre todos os conceitos elaborados pela ciência, talvez o calor tenha sido um dos mais difíceis de ser estabelecido e também um dos mais complexos para se ensinar (SILVA, LABURÚ e NARDI 2008). Foram muitos os estudos com relação a este tema para que se pudesse chegar ao conceito atual de calor.

A tentativa de explicar os fenômenos térmicos é bem antiga. Desde o ano 600 a.C. já existia uma preocupação com o conceito de calor, e posteriormente com o de temperatura. Segundo Bassalo (1991), Teodoros (VI a.C.), ele teria construído um sistema de aquecimento central no templo de Diana, em Éfeso, utilizando a expansão do ar quente. Nessa época, o conceito de calor estava associado ao de um corpo quente.

Essa evolução teve início a partir do entendimento de Heráclito de Éfeso (figura 18), filósofo pré-socrático da escola de Mileto, que viveu entre os séculos VI e V a.C. Para ele, o fogo consistia na origem de tudo o que existia e também era considerado como principal fator para explicação do movimento. Para Heráclito, o mundo estaria em constante transformação, como algo dinâmico. Ele analisava o fogo como sendo o responsável pelas transformações do universo (BRITO, 2008).

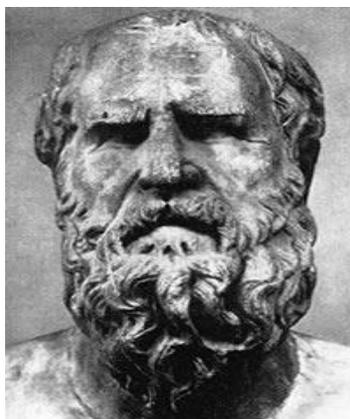


Figura 18- Heráclito de Éfeso - FONTE: www.brasilecola.com/filosofia.

Empédocles (figura 19), filósofo, médico, professor e profeta que viveu durante o século V a.C, fez uma associação do calor e do fogo, por meio de um esquema explicativo. Para ele, todas as coisas eram constituídas dos quatro elementos essenciais relacionados ao estado físico da matéria. Esses elementos primordiais eram: água (líquido), ar (gás), terra (sólido) e fogo (energia), considerados imutáveis e indestrutíveis (GOMES, 2013).

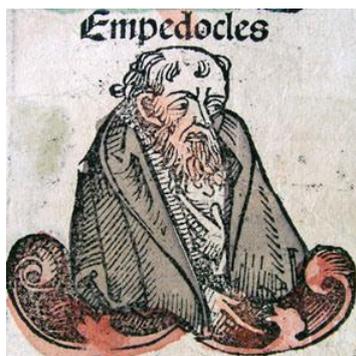


Figura 19 - Empédocles - www.projetophronesis.com. (Acesso em 02/08/2014).

Mais tarde, usando o mesmo esquema (figura 20), Aristóteles, filósofo grego, aluno de Platão e professor de Alexandre, o Grande, propõe a constituição de pares opostos com esses elementos, associando-os da seguinte forma: a) Terra e Fogo (seco); Fogo e Ar (quente); Ar e Água (úmido) e Água e Terra (frio), (SOUZA E JUSTI, 2012).

Para Aristóteles, os elementos possuíam um movimento natural: Terra e água para baixo e Fogo e Ar para cima. Esse filósofo, ao contrário de Empédocles, preocupava-se com a causa dos fenômenos (GOMES, 2013).

Durante esse mesmo período, os chamados atomistas entendiam que tudo que havia na natureza era formado por pequenos átomos, e que, de acordo com as suas combinações, formavam todo tipo de matéria.

Segundo eles, o calor seria proveniente do movimento de certos átomos nos espaços vazios existentes entre os átomos que formavam a matéria, o que era fortemente criticado por Aristóteles (GOMES, 2013).

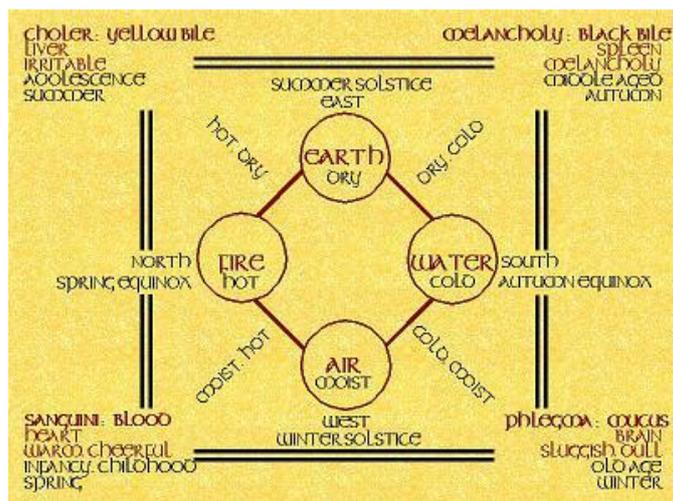


Figura 20- Os quatro elementos de Aristóteles - www.projetophronesis.com. Acesso (02/08/2012)

Platão, filósofo e matemático grego, juntamente com Aristóteles, que viveram entre os séculos V e IV a.C, formularam explicações consideradas um pouco mais elaboradas para o conceito de calor e temperatura. Para eles, as partículas de um corpo entravam em movimento quando o fogo penetrava neste, fazendo com que elas se separassem. Dessa forma, se houvesse um afastamento do fogo, o resfriamento e o novo ar que entrasse no seu lugar gerariam uma compressão das partículas (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Coube a Aristóteles acrescentar ao conjunto dos quatro elementos de Heráclito de Éfeso um quinto elemento, o éter, uma substância que se pensava como sendo constituinte de todos os corpos e que, ao entrar em movimento, produzia calor.

O entendimento de calor naquela época era ainda muito elementar, porém já existia certa necessidade de se estabelecer a diferença entre calor e fogo, apesar de já haver a reflexão de que o calor exercia certo efeito sobre o movimento das partículas de um corpo (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Aristóteles estabeleceu ainda que o frio e o quente eram qualidades contrárias que um corpo possuía, o que para Platão não podia ser considerado como entidades absolutamente contrárias (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Surgiu, no século II a.C., Heron de Alexandria, com a construção de uma “máquina” que recebeu o nome de aeolípiá, procurando explicar que não existia o “tal vácuo”, como acreditavam os atomistas. A aeolípiá (figura 21) consistia em um caldeirão tampado (onde a água era aquecida) e uma esfera (oca) constituída de dois canos encurvados ocupando posições opostas.

Quando aquecida, a água que se encontrava no caldeirão entrava em ebulição e o vapor passava para a esfera por tubos ligados a esta, fazendo-a girar em um eixo do pivô, com a saída do vapor pelos canos encurvados.

Com essa demonstração Heron mostraria que ao gerar movimento os elementos teriam que passar por uma associação, sendo que os espaços vazios estariam preenchidos por pequenas quantidades de elementos.

Com esse experimento, Heron teria sugerido uma forma de “abrir portas”, que ficou conhecido com “Portões de Alexandria” (GOMES, 2013).

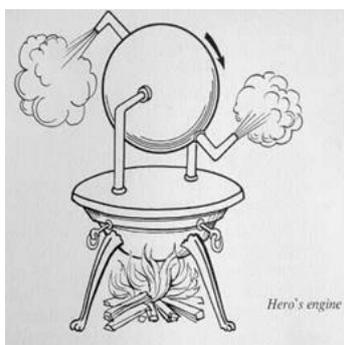


Figura 21 - Aeolípia de Heron de Alexandria – FONTE: www.wbraga.usuarios.rdc.puc.rio.br – Acesso (27/06/2014)

Pensamentos como esses perduraram, com pequenas modificações, até o século XVII (fim do renascimento).

Foi no século XVIII que o filósofo inglês Roger Bacon propôs a ideia do calor como um movimento das partes dos corpos, porém Galileu considerava o calor como sendo uma espécie de fluido. Segundo o que se deduz da obra *O Ensaaiador*, de 1623, Galileu acreditava que o calor pudesse ser produzido pelo atrito entre dois corpos, como uma espécie de fluxo de corpúsculos de fogo com capacidade de moverem-se a grandes velocidades e que, ao penetrarem nos corpos, seriam capazes de produzir a sensação de quente e frio (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Para Pierre Gassendi (cientista e matemático francês), existiam duas matérias térmicas distintas: uma capaz de produzir o calor, na época entendido como corpo quente, e a outra capaz de produzir o frio, tal como foi sugerido por Lucrécio, no século I a.C., em sua obra *De Rerum Natura*: o calor está no Sol e o frio nos rios.

Francis Bacon dedicou-se ao estudo do calor, considerando-o não como um movimento de expansão, mas como um movimento vibratório das partículas de um

corpo. Assim também pensava Robert Boyle, que considerava o calor como um estado de movimento das partículas (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Daniel Bernoulli, em sua obra *Hydrodynamica*, de 1738, aceitava o calor como sendo um movimento de partículas, no que era seguido por Leonhard Euler.

Isaac Newton (1642-1727) considerava o calor como sendo uma oscilação do éter, que partiria dos corpos celestes para penetrar em outros corpos.

Não é o calor transmitido através do vácuo pelas vibrações de um meio muito mais sutil do que o ar que, depois que o ar é retirado, permanecia vácuo? E não é este meio o mesmo que aquele pelo qual a luz é refratada e refletida e através de cujas vibrações a luz comunica calor aos corpos, e é facilmente refletida e facilmente transmitida? (...) E os corpos quente não comunicam seu calor aos corpos contíguos frios pela vibração desse meio propagadas nos meios frios? E não é esse meio mais rarefeito e mais sutil que o ar, e extremamente mais elástico e ativo? (NEWTON, apud CINDRA E TEIXEIRA. 2004 p. 183).

1.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O EQUILÍBRIO TÉRMICO

A concepção de que as quantidades de calor demandadas para aumentar o calor de diferentes corpos no mesmo número de graus seriam diretamente proporcionais à quantidade de matéria de cada uma deles foi o pensamento do físico-químico escocês Joseph Black (1728-1799), até meados do século XVIII. Ele considerava que, quando os corpos eram de mesmo tamanho, as quantidades de calor seriam proporcionais às suas densidades (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Uma discussão importante ocorreu na primeira metade do século XVIII, para os cientistas que trabalhavam com os fenômenos térmicos. A questão seria quanto ao equilíbrio térmico resultante da mistura de água quente e fria. No tocante a quantidades iguais, a temperatura de equilíbrio térmico seria facilmente calculada pela média aritmética das temperaturas das duas quantidades de água da mistura. O problema surgiria quando a mistura dessas águas se desse em quantidades diferentes. O que fazer para calcular o equilíbrio térmico? (BASSALO, 1992).

Para tentar resolver a questão, o médico Hermann Boerhaave, no início do século XVIII, fez uma proposta para o físico Daniel Fahrenheit para que fosse feita uma experiência a respeito do assunto. Constatou-se então, por meio de misturas de diferentes quantidades de água e/ou água e mercúrio, que a temperatura de equilíbrio não mais seria a média aritmética das temperaturas das substâncias. Boerhaave explicou

esse resultado dizendo que o calor se distribuía pelo volume da substância, e não pela sua massa, propondo, inclusive, fórmulas para esses cálculos, que não foram, contudo, suficientes para explicar os dados experimentais (BASSALO, 1992).

Foi Black (1728-1799) que, a partir do ano de 1760, percebeu que os entendimentos anteriores com relação ao calor estavam errados, ao observar que à mesma temperatura um bloco de ferro parece mais quente que um de madeira, sendo ambos do mesmo volume. Para ele, o ferro tinha uma capacidade maior para armazenar calor em relação à madeira (BASSALO, 1992).

Black entendia que o calor era uma espécie de fluido, que podia passar de um corpo para outro. Para ele, para se conseguir o equilíbrio térmico, ou seja, para se aumentar a temperatura de dois corpos em um mesmo número de graus, a quantidade de calor que cada corpo deveria receber não estaria ligada à quantidade de matéria de cada um, nem ao volume de cada um, e sim a uma proporção diferente dessa matéria. Mas ele ainda não conseguia estabelecer, no caso, que proporção estaria envolvida (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Para Black, essa proporção estaria relacionada com a “afinidade para receber o calor”, “faculdade de receber calor” ou “apetite para o calor” (BASSALO, 1992).

Essa proporção da quantidade de calor recebida por diferentes quantidades de diferentes substâncias foi proposta por Johan Gadolin ao introduzir, em 1784, o conceito de calor específico pela equação $c=Q/m\Delta t$, (calor específico é igual à razão entre a quantidade de calor fornecida ao corpo e o produto entre a massa e a variação de temperatura), quando foi possível estudar o calor específico de diversas substâncias (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Black teve um papel também importante na determinação do conceito de calor latente de fusão e ebulição da água, ao verificar que o calor poderia ser adicionado a uma mistura de água e gelo sem que houvesse um aumento da temperatura de ambos. Descobriu também que para transformar a água em vapor seria necessária uma quantidade de calor latente maior do que para transformar água em gelo (BASSALO, 1992).

Em conjunto, Black e James Watt (1736-1819) determinaram que a mesma quantidade de calor requerida para transformar a água em vapor também se fazia

necessária para transformar a mesma quantidade de vapor em água. Dessa forma, surgia a ideia de “conservação de energia” (BASSALO, 1992).

Ao final do século XVIII, Lavoisier (1743-1794) e Laplace (1749-1827) construíram o calorímetro de gelo e conseguiram medir o calor específico de várias substâncias. Foi este último que introduziu o termo calórico para descrever uma suposta substância responsável pelos fenômenos térmicos. Ele aceitava, portanto, a ideia de calor como sendo um fluido. Assim, o calórico foi descrito por Roller (1950) e apresentado por Castro (1993, p. 43-44), por meio de cinco postulados básicos:

O calórico é um fluido elástico e auto-repulsivo; [...] As partículas do calórico são atraídas pelas partículas da matéria comum; [...] O calórico é indestrutível e não pode ser criado; [...] O calórico pode ser sensível ou latente; [...] O calórico não tem peso apreciável. (CINDRA e TEIXEIRA, 2004, p. 184).

Nesse mesmo período, entendia-se por equilíbrio térmico uma distribuição do calórico de acordo com o calor específico do corpo.

Foi no final do século XVIII e começo do século XIX que teve realmente início uma busca pela natureza do calor, com a afirmação de que ele não poderia ser considerado uma substância. A ideia foi apresentada pelo engenheiro norte-americano Benjamim Thompson, no ano de 1798, ao fazer inspeção em uma fábrica de canhões de bronze. Também chamado de Conde de Rumford, ele observou que os blocos utilizados para a fabricação dos canhões ficavam incandescentes à medida que eram perfurados pela broca, e que, mesmo a broca estando sem o fio, o bronze continuava a aquecer. Para ele, o calor que era liberado durante a perfuração dos canhões não estaria ligado ao calórico, mas ao trabalho executado pela broca sobre os canhões. Benjamin Thompson concluiu que o responsável pela geração do calor seria o atrito. Para que seu pensamento fosse confirmado, ele fez a perfuração de um canhão submerso em água, utilizando uma parelha de cavalos atrelados ao eixo da broca, o que fez com que a água fervesse durante os trabalhos. Dessa forma, ele estabeleceu que o trabalho poderia ser convertido em calor e vice-versa. Foi dessa forma que o conceito de calor como energia foi introduzido (MARQUEZ, 2009).

A ideia do calórico foi realmente abandonada com experimentos realizados pelo físico inglês James Prescott Joule, entre os anos de 1840 e 1849, quando realizou medições com grande precisão sobre a equivalência mecânica do calor. O calor passou, então, a ser considerado como uma forma de energia semelhante à que é aceita na

comunidade científica atualmente. O físico inglês estabeleceu a equivalência entre calor e trabalho mecânico como sendo duas formas de energia, com uma demonstração de conversão de energia mecânica em calor em que uma determinada quantidade de energia correspondia à mesma quantidade de calor (MARQUEZ, 2009).

1.3 TEMPERATURA

Com relação ao conceito de temperatura, a necessidade de se estabelecer uma representação para a intensidade de quente e frio é também bastante antiga. As primeiras contribuições para a construção de um aparelho capaz de medir a temperatura, encontradas nos escritos de Heron de Alexandria, datam do século I d.C. Neles, Heron descreve um invento que foi chamado de “fonte que goteja ao sol”, um aparato baseado na dilatação dos líquidos e utilizado como base para a construção dos primeiros termoscópios, aparelhos que indicavam a temperatura sem uma escala definida (PRANDEL, 2005).

O Termoscópio, assim como foi chamado, era constituído de um bulbo que continha um tubo longo com uma das extremidades mergulhada em um líquido. Esse líquido era geralmente água ou álcool. Posteriormente foi usado o vinho, pois este tornava mais fácil a leitura, devido à sua cor. Antes de colocar o líquido no tubo, retirava-se dele uma quantidade de ar, o que permitia que o líquido. Ao ser aquecido, o ar do bulbo e do tubo tinha o seu nível alterado, marcando a variação na temperatura do ar (PIRES, et al, 2006) .

Uma primeira tentativa de representação em escala (figura 22) de graus numéricos do calor e do frio foi estabelecida pelo médico Galeno (129-200), em que ele considerou que as sensações de quente e frio estariam associadas a uma escala com quatro divisões para o frio e quatro para o quente. O “calor neutro” foi associado ao ponto zero, correspondente à mistura de água fervendo e gelo. Para o ponto mais “frio”, ele atribuiu “-4” graus e para o mais “quente”, “+4graus”.

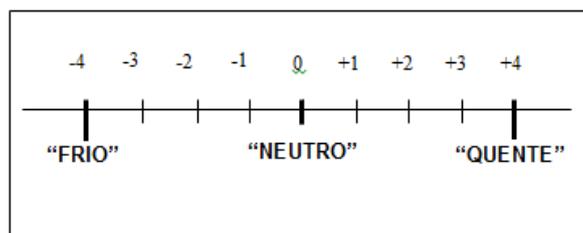


Figura 22 - Escalas de Temperatura propostas por Galeno. FONTE: (PRANDEL, 2005, p.13).

Foi bem mais tarde, entre os séculos XI e XII, que esse trabalho foi retomado e a palavra mistura de calor foi interpretada pelo termo “tempera”, ou seja, temperatura, porém com o sentido que entendemos nos dias de hoje (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Uma escala também foi estabelecida pelo médico Harme de Berna, no século XV, de acordo com a latitude terrestre. Ele atribuiu “4 graus de frio” aos polos e “4 graus quentes” ao equador.

Por meio dessa escala, era fácil estabelecer a mistura de drogas a administrar ao paciente, de acordo com o local da Terra onde este se encontrava (PRANDEL, 2005).

A definição de temperatura só foi possível a partir do momento em que foram sendo construídos termômetros cada vez mais precisos, o que possibilitou uma melhor compreensão de vários aspectos, tais como: pressão e volume, relacionados às propriedades térmicas dos materiais (PRANDEL, 2005).

É comum evidenciarmos na descrição dos tópicos de temperatura, em livros didáticos, a atribuição de inventor do primeiro termômetro de escalas a Galileu. O que ele criou, entretanto, foi na verdade um termoscópio, pois não associava a posição líquida a uma escala numérica (PRANDEL, 2005).

A construção dos termômetros baseou-se na condição de que esse instrumento deveria entrar em equilíbrio térmico com o corpo cuja temperatura desejava-se medir. Essa possibilidade ocorreu com o desenvolvimento da calorimetria, em meados do século XVIII. Naquela época, foi proposta a condição de equilíbrio térmico, usando diferentes corpos comparados com um corpo de prova, que, no caso, seria o termômetro. Para isso, foi necessário um melhor entendimento do que era capacidade calorífica dos corpos, aquelas relacionadas à capacidade térmica e ao calor específico (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Em Roma, no ano 1611, Bartolomeu Telioux propôs um Termoscópio dotado de uma escala. Por não possuir conhecimentos físicos necessários que envolviam as propriedades termométricas, como pressão e volume, o aparelho não pode ser considerado um termômetro.

Por isso, atribui-se o invento do primeiro termômetro (figura 23a), em 1612, ao médico italiano Santorio Santorre. Que desenvolveu um Termoscópio (figura 23b) a ar, equipado com uma escala para leitura de temperatura, considerado como o verdadeiro termômetro (PRANDEL, 2005).

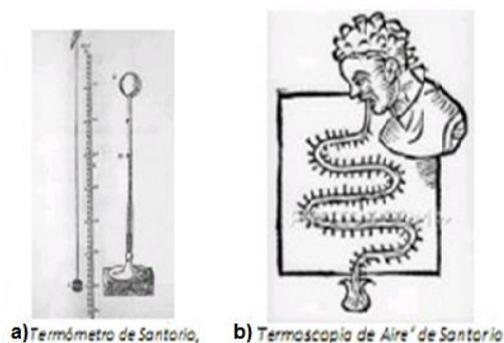


Figura 23 - (a) Termômetro de Santorio Santorre (b) Termoscópio de ar de Santorio Santorre: www.portalesmedicos.com/publicaciones – (28/06/2014).

Mais tarde, entre 1644 e 1660, Evangelista Torricelli descobria que o termômetro a ar avaliava não somente a variação de temperatura, mas também a variação de pressão, e que existia uma determinada proporção entre essas duas grandezas. Essa proporção entre temperatura e pressão foi confirmada, um pouco mais tarde, pela equação dos estados dos gases ideais (PRANDEL, 2005).

Dessa época em diante, outros termômetros foram construídos, com técnicas mais avançadas, o que contribuiu para o entendimento e a diferenciação entre calor e temperatura. O conceito de temperatura foi inicialmente concebido como graus de calor, e quando um corpo fornecia o calor ao termômetro, provocava uma variação na coluna termométrica. Isso levou à visão de que temperatura e calor fossem pelo menos proporcionais entre si.

Todo esse impasse começou a ser solucionado com o advento da calorimetria, em meados do século XVIII, quando foram desenvolvidos instrumentos para medir o calor, denominados de calorímetros (BASSALO, 1992). Foi nessa época que se utilizou um corpo de prova que pudesse entrar em equilíbrio térmico com outros corpos. Esse corpo de prova seria o termômetro (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

A condição de equilíbrio térmico foi utilizada na comparação da temperatura de diferentes corpos com um corpo de prova, que seria o termômetro (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

Todas as questões que envolviam calor e temperatura foram resolvidas por volta de 1760, por Black, por meio de experiências minuciosas. A conclusão a que se chegou à época foi: o calor distribuído sobre diferentes corpos não está relacionado às suas respectivas densidades; O calor não se distribui uniformemente em todo o volume ocupado por diferentes corpos; Ocorrendo o equilíbrio térmico, pode-se dizer que a

grandeza comum a todos os pontos ocupados por diferentes corpos é a temperatura (CINDRA e TEIXEIRA, 2004).

A difusão/popularização do uso do termômetro proporcionou a elaboração de uma grande quantidade de escalas termométricas a partir da definição de dois pontos fixos: o de fusão do gelo e o da ebulição da água.

A primeira escala aceita universalmente foi proposta por Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736) em 1724. Ele definiu o ponto de temperatura mais baixa que conseguiu como sendo 32 graus, e a do corpo humano como 90 graus, que mais tarde foi corrigida para 96, que seria múltiplo de 32. Devido a sua respeitabilidade, essa escala é ainda usada atualmente nos países de língua inglesa (PRANDEL, 2005).

Podemos dizer que a escala que se estabeleceu em nível de importância, após a de Fahrenheit, foi a de Anders Celsius (1701-1744), no ano de 1741, que utilizou os pontos fixos de fusão do gelo e ebulição da água. Nessa escala, Celsius associou o número zero ao ponto de ebulição da água e 100 para a fusão do gelo. Em 1747, porém, essa escala foi invertida. Por ser dividida em 100 partes iguais, foi denominada de escala “centígrada”, e em 1948 ela foi denominada de escala Celsius de temperatura. Por sua simplicidade, é usada em todos os países, inclusive no Brasil, não sendo oficial apenas nos países de língua inglesa (PRANDEL, 2005).

Várias escalas foram sendo construídas ao longo do tempo, mas foi Lorde Kelvin, em 1848, que desenvolveu a escala termodinâmica de temperaturas absolutas. Ele utilizou medições independentes do material termométrico, a partir das informações da eficiência térmica do ciclo de Carnot para as máquinas térmicas, em que as transformações dependiam da diferença de temperatura entre a fonte quente (caldeira) e a fonte fria (condensador). Assim, Kelvin poderia definir sua escala pela relação entre essas duas temperaturas absolutas. Para a definição do tamanho da unidade de sua escala, Kelvin adotou o mesmo princípio da escala Celsius, em que, para sua escala, escolheu o zero absoluto ao correspondente de -273°C . O zero absoluto da escala de Kelvin seria atingido quando a energia cinética das moléculas se anulava. Ela foi concluída em 1856. Por ser muito conveniente ao estudo da Termodinâmica, a escala de temperatura absoluta de Kelvin obteve boa aceitação (BASSALO, 1991).

Considerando-se a evolução dos termômetros, podemos dizer que medir a temperatura com exatidão e precisão, atualmente, é algo muito comum.

Os modernos termômetros utilizados nos vários setores da sociedade: na medicina, nos laboratórios, no uso doméstico e na indústria alimentícia, que usam a dilatação térmica, pressão etc., têm condições de fornecer a real temperatura de um corpo ou substância.

Como definição de temperatura, admite-se que:

A temperatura em um sólido está associada à energia de vibração das partículas. Além de um forte sentido microscópico, estados diferentes de temperatura podem significar estados diferentes de matéria observados macroscopicamente – sólido, líquido e gasoso (KAPP e KAPP, 2010, p. 4).

1.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O presente estudo traz um levantamento histórico da construção dos conceitos de calor e temperatura desde os pensadores da Grécia antiga até os séculos XVIII e XIX, quando o calor ficou conhecido como sendo uma forma de energia. Percebe-se que ao longo de muitos séculos houve uma grande preocupação com o entendimento do que realmente seria calor e temperatura.

No decorrer da leitura do texto, nota-se que um conceito mais antigo serviu de base para a construção de uma nova forma de pensar a respeito de calor. Podemos perceber que o conceito de calor foi um dos mais difíceis de serem estabelecidos pelos pensadores e cientistas. Durante muito tempo, foi aceita a teoria do calor como substância que poderia fluir de um corpo para outro.

A proposta de um relato da construção do conceito de calor e temperatura está associada à dificuldade dos estudantes de se apropriarem de forma correta desses conceitos. Ainda hoje vemos alunos do nível médio com uma concepção substancialista do calor e muitas vezes com o pensamento de que calor e temperatura indiquem a mesma situação.

Os resultados obtidos, apresentados neste capítulo, foram utilizados como organizadores prévios da ancoragem dos conceitos de temperatura e calor. A avaliação diagnóstica inicial detectou que os estudantes não dominavam tais resultados.

Caso os resultados da avaliação diagnóstica inicial não apresentassem a falta dos subsunçores necessários à ancoragem desses conceitos, esse mesmo material poderia ter sido utilizado como elemento motivador, visto que, segundo Ausubel, o indivíduo precisa estar motivado para aprender.

Salientamos que o que se conhece atualmente como conceito de calor e temperatura pode ainda sofrer modificações à medida que novas ideias vão surgindo e, principalmente, com o avanço das novas tecnologias, essenciais em pesquisas científicas.

