

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

RODRIGO POGLIA

O REFRIGERADOR DOMÉSTICO COMO INSTRUMENTO MOTIVADOR PARA  
O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: uma proposta para o curso Técnico Integrado em  
Refrigeração e Climatização.<sup>1</sup>

Porto Alegre

2013

---

<sup>1</sup> Trabalho parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

O REFRIGERADOR DOMÉSTICO COMO INSTRUMENTO MOTIVADOR PARA  
O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: uma proposta para o curso Técnico Integrado em  
Refrigeração e Climatização.

Rodrigo Poglia

Dissertação realizada sob a orientação da  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Helena Steffani,  
apresentada ao Instituto de Física da UFRGS  
em preenchimento parcial dos requisitos para  
a obtenção do título de Mestre em Ensino de  
Física.

Porto Alegre

2013

Dedico este trabalho àquelas pessoas com quem compartilho minha vida:

à minha amada e companheira de todos os momentos Rosicle;

à minha filha Helena de quem o olhar nutre minhas ações;

e a meus pais e familiares pelo apoio em concretizar este sonho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

- à minha esposa Rosicle pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência e estudos;
- à minha filha Helena pelos momentos de ausência como pai;
- aos meus pais e irmãs pelo incentivo e apoio para que esta conquista se concretizasse;
- de maneira muito especial a Prof<sup>ª</sup>. Maria Helena Steffani pela orientação no desenvolvimento deste trabalho;
- a todos os Professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física desta instituição, que contribuem para a formação de docentes capacitados e comprometidos com um Ensino de Física de melhor qualidade;
- aos colegas do MPEF pela amizade, companheirismo e troca de experiências durante a realização do curso;
- aos alunos do curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus de Venâncio Aires, pela participação no desenvolvimento do projeto de pesquisa;
- aos Professores e colegas de trabalho pelo apoio e amizade;
- à Deus, pela possibilidade de estar aqui neste momento.

*“A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer  
o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento”.*

*(Platão)*

## RESUMO

Neste trabalho, apresentamos uma proposta de ensino de Física Térmica contextualizada e integrada à formação técnica para alunos de nível médio do curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Venâncio Aires, RS. O trabalho foi desenvolvido com 60 alunos de duas turmas de primeiro ano, durante o segundo semestre de 2011 e, concretizou uma proposta de ementa que buscou construir um currículo integrado entre a formação geral e a técnica, com vistas a uma formação unitária e um ensino potencialmente significativo. Como instrumento motivador e desencadeador do processo de ensino/aprendizagem, utilizou-se um sistema de refrigeração doméstico montado sob a forma de uma bancada didática que, associado a um texto de apoio produzido sob o referencial das teorias da aprendizagem significativa de David Ausubel e da interação social de Lev Semyonovich Vygotsky, guiaram as atividades com os alunos. O produto educacional resultante deste trabalho de conclusão compreende um material didático impresso preparado para a aplicação desta metodologia com alunos, ficando disponível para os demais interessados em utilizar ou adaptar tal material para a sua realidade de ensino.

**Palavras-chave:** Física Térmica; refrigerador doméstico; ensino técnico integrado; teorias da aprendizagem significativa e da interação social.

## ABSTRACT

In this work one presents a proposal of Thermal Physics teaching contextualized and integrated to the technical formation, directed to students of high school from the Integrated Technical Course on Refrigeration and Air Conditioning (Curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização) of Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Venâncio Aires, RS. This work was developed with 60 students of two classes of the first year during the second semester of 2011 and it aimed at making true a draft proposal which tries to build an integrated grade, between the general and technical formation, aiming at an unitary formation and a potentially significant teaching. As a motivating and starting instrument of the teaching-learning process one used a domestic refrigeration system, mounted on a teaching table that, associated to a help text, produced based on the theories of significant learning of David Ausubel and the social interaction of Lev Semyonovich Vygotsky, guided the activities along with the students. The educational product resulting from this completion work comprehends a printed didactical material prepared to the application of this methodology with the students, being available to anyone who may be interested in using or adapt such material to their teaching reality.

**Key words:** Thermal Physics; domestic refrigerator, integrated technical teaching; social interaction and significant teaching theories.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. TRABALHOS CORRELATOS.....	13
2.1 O Ensino Integrado e a Interdisciplinaridade.....	13
2.2 A experimentação nas aulas de Física.....	16
2.3 A organização do currículo integrado.....	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
3.1. Teoria da interação social de Lev Vygotsky .....	20
3.2. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.....	23
3.3. A fundamentação teórica e o trabalho de pesquisa.....	25
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E DIDÁTICOS.....	28
4.1. Contexto escolar.....	28
4.2. Perfil dos alunos.....	29
4.3. Disciplinas de Física.....	29
4.4. Etapas de aplicação da proposta.....	30
4.5. Aplicabilidade do material didático.....	31
5. APLICAÇÃO DA PROPOSTA.....	33
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
7. BIBLIOGRAFIA.....	57
8. APÊNDICES.....	60
8.1. Apêndice A – Questionário de pré e pós-teste.....	61
8.2. Apêndice B - Texto de apoio.....	66
8.3. Apêndice C – Montagem da bancada didática.....	112
8.4. Apêndice D - Montagem do compressor aberto.....	114
8.5. Apêndice E – Avaliação e comentários dos alunos.....	115
9. ANEXOS.....	117
9.1. Anexo I – Matriz curricular do curso de Refrigeração e Climatização.....	118
9.2. Anexo II - Entrevista de Suely Carvalho, diretora do programa do protocolo de Montreal.....	120
9.3. Anexo III - Ementa da disciplina de Física.....	127

## 1. Introdução

O ensino dentro da sociedade moderna vem revelando uma necessidade cada vez maior de acompanhar e compreender as mudanças sociais, ambientais e econômicas produzidas pelo avanço do conhecimento científico e sua aplicação nos produtos tecnológicos. Neste contexto, o ensino técnico, especialmente de nível médio na modalidade integrado, vem ganhando espaço e incentivos governamentais por contemplar a formação científica e profissional concomitantemente. Desta forma, compreender e interagir com a tecnologia requer o entendimento de fundamentos físicos, uma vez que estes se relacionam profundamente. (LIÇÕES DO RIO GRANDE DO SUL, 2009).

Nesta perspectiva, Frigotto (2010) chama atenção que no contexto atual do mundo globalizado em torno do capital e das relações de produção e trabalho, a educação básica de nível médio integrado tem um duplo objetivo, o de descobrir concepções e práticas que refuncionalizam as estruturas que geram a desigualdade e o de construir concepções inerentes a uma práxis capaz de transformar as relações sociais vigentes na sociedade e nos processos educativos. Aponta ainda, que o ensino de nível médio técnico integrado visa desenvolver os fundamentos das diferentes ciências de forma que faculte aos jovens a capacidade de análise tanto dos processos técnicos que concebe o sistema produtivo, quanto das relações sociais que regulam a quem se destina a riqueza produtiva. Assim, esta modalidade de ensino busca romper com as dicotomias entre, geral e específico, político e técnico ou educação básica e técnica, heranças de uma concepção fragmentária e positivista de realidade humana. Também assinala que a construção de um ensino médio articulado com o mundo do trabalho, da cultura e da ciência é condição prévia para formar um sujeito hábil a realizar uma leitura crítica da realidade onde vive e ser capaz de agir sobre ela.

Assim, pensar um ensino de Física intimamente relacionado com o conjunto da formação profissional significa contextualizar os conteúdos formalizados da Física, possibilitando seu relacionamento com os conhecimentos pré-existentes ou experiências vivenciadas pelos alunos, as quais Ausubel define como subsunçores (MOREIRA, 1999a).

Ainda de acordo com Moreira (1999b), a mente humana está permanentemente aumentando o grau de organização interna e de adaptação ao meio, assim, diante de

novas informações capazes de causar desequilíbrios e conseqüentemente reestruturação, novos esquemas de assimilação são formados, contribuindo para um novo equilíbrio e, ampliando seu grau de desenvolvimento cognitivo. Neste contexto, Moreira (1999b) assinala para o fato que o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações e, sempre que possível, deve dar aos alunos a oportunidade de agir, onde atividades práticas integradas à argumentação e orientação do professor criem o ambiente de produção do conhecimento.

Através do presente projeto, queremos chamar a atenção de alunos e professores sobre a possibilidade de se buscar um ensino de Física mais dinâmico e contextualizado com as tecnologias atuais, onde o educando possa, de forma significativa, relacionar o conhecimento físico formal com suas aplicações no mundo tecnológico. *A educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, objetiva garantir ao cidadão o direito ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva e social.* (BRASIL, 1999. p.54). Com isso, espera-se alterar o modelo usual de ensino de Física centrado na memorização de fórmulas, com utilização repetitiva de exercícios numéricos artificiais que, muitas vezes, tem proporcionado apenas uma aprendizagem mecânica e despertado nos aprendizes aversão ao estudo da Física. Vasconcellos (1995) enfatiza que é muito comum encontrarmos nas escolas um currículo desarticulado, com pouca preocupação com a interdisciplinaridade, favorecendo a aprendizagem mecânica de conhecimentos fragmentados.

Com vistas a estes aspectos, o presente trabalho oferece uma proposta de ensino de conteúdos de Física Térmica que tem como objeto de estudo equipamentos de refrigeração domésticos e que resultou em uma ementa de disciplina diferenciada da usualmente utilizada nas escolas de nível médio, onde o currículo integrado entre a formação técnica e as disciplinas propedêuticas prima por um ensino potencialmente significativo, atraente e diretamente relacionado com a formação profissional do educando. A proposta tem como objetivo oferecer para professores de nível médio e, principalmente, de cursos técnicos como é o caso do curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus de Venâncio Aires, um material didático significativo que procura relacionar os conhecimentos de Física com os produtos da tecnologia, uma vez que, como destaca Mai (2008), existe uma precariedade de publicações didáticas sobre o uso e aplicações dos conhecimentos de Física nos produtos tecnológicos que utilizamos no cotidiano.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio Nacionais destacam que:

É importante que os métodos de ensino sejam modificados, capacitando o aluno a responder a perguntas e a procurar as informações necessárias, para utilizá-las nos contextos em que forem solicitadas. Na escola, uma das características mais importantes do processo de aprendizagem é a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. Essa forma de ensino auxilia na formação das estruturas de raciocínio, necessárias para uma aprendizagem efetiva, que permita ao aluno gerenciar os conhecimentos adquiridos (BRASIL, 2006. p.45).

A proposta centra-se na utilização de uma bancada didática como objeto motivador de estudo, formada por um sistema de refrigeração doméstica, montado de maneira que os componentes fiquem visíveis e possíveis de manipulação. Leituras de dados em atividades práticas guiadas e orientadas por material didático previamente confeccionado foram utilizadas juntamente com o livro didático do Programa Nacional do Livro Didático - PNLD.

Na elaboração do material didático, observou-se que temas relevantes como energia interna, leis da termodinâmica, eficiência energética, conforto térmico e funcionamento de máquinas térmicas e, em especial, os refrigeradores deveriam ganhar destaque, ao contrário do que usualmente ocorre na maioria das escolas, onde o foco e o maior tempo dispensado ficam com escalas termométricas e tópicos de calorimetria. Estruturamos este conjunto de conceitos e tópicos de Física Térmica por entendermos que não só são fundamentais para a formação profissional do técnico em Refrigeração e Climatização, mas por apresentarem grande importância na compreensão do mundo tecnológico em que vivemos.

A realização de atividades práticas utilizando a bancada didática, com os componentes que arranjam um sistema de refrigeração e instrumentos de medidas físicas, destinou-se, ao mesmo tempo, a apresentar o sistema básico de estudo do curso técnico em Refrigeração e Climatização e a oferecer condições para que as concepções prévias pudessem emergir. Essas concepções prévias formarão a base de informação sobre a qual todo o conhecimento físico formalizado será desenvolvido durante a aplicação do projeto nas aulas.

Como destacam Bonadiman *et al.*, (2007, p. 210) a atividade experimental possibilita a vivência de uma Física mais prazerosa, mais intrigante, mais desafiadora e imbuída de significados. Esses aspectos contribuem para criar uma imagem mais positiva da Física, despertando no aluno curiosidade e gosto por essa Ciência. Nessas condições o aluno se sente motivado para o estudo, qualificando significativamente seu aprendizado.

Convém destacar que a proposta aqui apresentada, não se limita a uma abordagem simplória da Física envolvida no funcionamento de um refrigerador, mas permeia tais conhecimentos com questões de relevância econômica, social e ambiental. A contextualização dos conteúdos no âmbito histórico evolutivo dos equipamentos tecnológicos, associado à investigação assistida pelo professor, busca fugir da visão utilitarista dos equipamentos ou de um ensino técnico voltado à mera empregabilidade. Assim, espera-se desenvolver no aluno uma postura crítica diante do uso e das interferências da tecnologia na sociedade.

Esta proposta alternativa para o ensino de Física Térmica com utilização de um instrumento didático motivador presente no cotidiano do aluno, como é o caso dos refrigeradores domésticos, com algumas adaptações pode vir a ser implementada em outras realidades, uma vez que a própria bancada didática é de fácil construção e de baixo custo, pois utiliza principalmente material de descarte, muitas vezes presente em nossas próprias escolas.

Antes, porém, para melhor compreender o desenvolvimento e a aplicação da proposta, apresentamos no capítulo II, alguns trabalhos correlatos ao ensino interdisciplinar, a importância do uso da experimentação no ensino de Física e algumas concepções sobre a organização de um currículo integrado.

No capítulo III, estão resumidamente, os referenciais teóricos do trabalho inspirados nas teorias de aprendizagem da interação social de Lev Semenovitch Vygotsky e da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Os procedimentos metodológicos e didáticos são abordados no Capítulo IV; as descrições detalhadas das atividades desenvolvidas durante a aplicação da proposta estão no capítulo V; as considerações finais e conclusões, no capítulo VI.

## 2. Trabalhos Correlatos

O ensino de ciências na educação básica vem recebendo atenção e destaque tanto por pesquisadores e docentes da área, como pelos gestores da educação pública. A necessidade de um ensino de qualidade potencialmente significativo, associado à necessidade crescente de produção de conhecimento, tecnologia e mão de obra especializada para atender a atual conjuntura de desenvolvimento econômico em que o Brasil se encontra, tem alavancado o surgimento de várias modalidades de ensino, onde as áreas que compreendem as ciências, e em especial a Física, ganham destaque.

Na perspectiva de tornar a Física mais interessante aos jovens e que, de fato, esta possa contribuir para a formação crítica como cidadão e eficiente como profissional, o ensino técnico integrado vem buscando romper com as históricas barreiras existentes entre as disciplinas do chamado núcleo comum e as da formação técnica. Por ser uma perspectiva frutífera que se apresenta e por acreditarmos em seu potencial, apresentamos na sequência alguns estudos relacionados.

### *2.1. O ensino integrado e a interdisciplinaridade*

As mudanças estabelecidas pelo Decreto n. 5.154/2004, buscaram romper com a dicotomia entre o ensino técnico e a formação básica, prática muito presente nas escolas profissionalizantes. Desde então, inúmeras experiências pedagógicas, embora isoladas, buscam organizar o currículo de forma a promover uma ruptura na hierarquia dos conteúdos e, assim, propiciar a interlocução entre as diferentes áreas do conhecimento em busca de uma formação unitária, significativa e integral do aluno.

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais orientam que:

Esta articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar, a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido pelo estudante estará fragmentado e será ineficaz. É esse contexto que dá efetiva unidade a linguagens e conceitos comuns às várias disciplinas, seja a energia da célula, na Biologia, da reação, na Química, do movimento na Física, seja o impacto ambiental das formas de produção, na História. Não basta, enfim, que energia tenha a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida, deve-se dar ao estudante condições para compor e relacionar, de fato, as situações, os problemas e os conceitos, tratados de forma relativamente diferentes, nas diversas áreas e disciplinas (BRASIL, 2002, p.34).

Sobre o ensino integrado, Silva e Reis (2007) apresentam um trabalho relacionando conteúdos de Hidrostática e Hidrodinâmica com conteúdos da área técnica do curso técnico em Agropecuária. A utilização de experimentos didáticos em atividades de laboratório possibilitou que o processo de ensino aprendizagem se tornasse mais fácil, eficiente e prazeroso. Os autores destacam relatos onde os alunos relatam que a visualização do fenômeno, diretamente relacionado às situações vivenciadas por eles no dia-a-dia, facilitou a assimilação e a aprendizagem dos conceitos e grandezas físicas trabalhadas. Segundo os autores, o processo de integração vai além da mera sobreposição de disciplinas de formação geral e específica, onde a construção do currículo integrado deve contemplar uma compreensão global do conhecimento, promovendo maiores parcelas de interdisciplinaridade. Mencionam também que a experimentação e a pesquisa têm forçado a reformulação das práticas pedagógicas, fazendo os docentes assumirem uma postura mais reflexiva.

Da mesma forma Scarpari (2009), ao propor o uso de um biodigestor como objeto de estudo para ensinar Física a alunos do curso técnico em Agropecuária, aponta que não há mais como ensinar, especialmente Física, estando preso a antigos modelos de ensino, tampouco ignorar a necessidade e a premência de aliar às práticas educacionais, suportes pedagógicos que atendam aos princípios educativos deste novo milênio, onde acreditamos estar inserido o ensino tecnológico. Enfatiza ainda que, notoriamente, a escolha por atividades contextualizadas possibilitam a interação entre conteúdo – aluno – professor e isso, sem dúvida, fomenta a aprendizagem e estimula o aluno a estar sempre em busca de mais conhecimentos. E que situações cotidianas se entrelaçaram a conhecimentos científicos, resultando em uma aprendizagem contundente.

Na mesma linha de pensamento, Ferreira, Fontes e Mognon (2010) registram um trabalho interdisciplinar no curso técnico integrado em informática. Nele, destacam que o trabalho em conjunto permite dar ao conteúdo abordado uma maior profundidade, além de contemplar outros temas que talvez não fossem abrangidos e, o que é mais importante, dentro de um contexto cheio de significados para o aluno. Realçam ainda que trabalhar de maneira interdisciplinar requer mudança de postura de professores e alunos, seja na forma como encaram o saber, seja na forma de tratar com as dúvidas e questionamentos que surgem durante as atividades. Mas destacam que, após a realização do projeto, os alunos mostraram-se interessados em buscar por conta própria outras aplicações relacionadas aos temas estudados, demonstrando um despertar para o

espírito investigativo da pesquisa e da compreensão crítica e, principalmente, mantiveram-se motivados para a aprendizagem.

Moura, Tuyarot e Viamonte ao analisarem algumas práticas desenvolvidas em aulas de Física no Ensino Médio Técnico Integrado, destacam o crescimento da participação dos alunos envolvidos com o projeto e afirmam que a contextualização dos conteúdos de Física se desenvolve no processo de incorporação da experiência geral da humanidade mediada pela prática social, tornando a aprendizagem, a aquisição de conceitos e significados das palavras, cada vez mais próximas dos estudantes.

Para Machado (2010), a prática de contextualizar o ensino refere-se a um conjunto integrado de ações, entre disciplinas e conteúdos, cujo objetivo é despertar, influenciar e canalizar o desenvolvimento das potencialidades que o sujeito traz dentro de si, tendo em vista fazer com que ele seja agente de transformação. Contextualizar significa, portanto, vincular processos sociais, escola e vida, currículo escolar e realidade local, teoria e prática, educação e trabalho.

Ao propor um ensino de Física de forma contextualizada com a realidade do aluno, Furukawa (1999) chama a atenção de que a escola tem a missão de formar não só o cidadão do futuro, mas o cidadão atual que possa compreender o mundo, as novas tecnologias e conhecer os seus direitos e deveres para poder atuar na sociedade desde já. Para isso, o autor propõe atividades experimentais significativas, como as que envolvem a utilização de energia no cotidiano, através de *kits* de experimentação, que se destinam a desenvolver habilidades e competências para melhor compreender o cenário científico e tecnológico em que vivemos.

Ao utilizar-se de equipamentos e instalações agrícolas para problematizar e aproximar os conteúdos da Física de Fluidos da realidade dos alunos do curso Técnico em Agropecuária, Santini (2005) propõe um trabalho organizado em módulos didáticos, com atividades de experimentação e utilização de roteiros abertos ou semi-abertos: leitura e análise de textos de divulgação científica; discussão de situações próximas da vivência cotidiana dos alunos, numa perspectiva de resolução de problemas e o uso de analogias para compreensão de fenômenos, processos, modelos e/ou conceitos científicos. Com isso, destaca que a utilização de material didático potencialmente significativo, que leva em conta as implicações da Física enquanto Ciência e as suas relações com a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, favorece a aproximação entre professor e aluno, instiga a troca de ideias e afirmações entre si e oportuniza a participação no debate e a consolidação de alguns acordos.

Santos (2002), ao relatar atividades de ensino de Física com uso de equipamentos domésticos para a discussão e problematização de conteúdos em sala de aula, indica que o processo de aplicação do conhecimento científico pelos estudantes para resolução de problemas reais relacionados aos objetos tecnológicos, não é algo trivial. No entanto, uma abordagem metodológica que traga esses problemas para o âmbito da sala de aula se mostra como uma alternativa viável para superar essas dificuldades. Por outro lado, trazer problemas reais, mais próximos da realidade do aluno, para se tornarem objetos de discussão no ambiente escolar, pode contribuir para o processo de construção de um ensino de Física menos preocupado com os resultados em exames vestibulares, menos vinculado à reprodução, à memorização sem propósitos e mais comprometido com a busca de possibilidades de se fazer o cidadão pensar, refletir e interferir decisivamente em sua realidade, transformando-o num gestor de seu próprio destino.

## 2.2. A experimentação nas aulas de Física

O uso de atividades experimentais em sala de aula possibilita uma aproximação entre o mundo dos objetos e o mundo dos conceitos, das leis e teorias. Para Ferreira (*apud*. GASPAR; MONTEIRO), as atividades de demonstração em sala de aula tem como principais objetivos, ilustrar e ajudar a compreensão de conteúdos teóricos, tornando-os mais interessantes e agradáveis e o de desenvolver nos alunos a capacidade de observação e reflexão.

Araújo e Abib (2003) destacam que o uso de atividades experimentais como estratégia para o ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de ensinar e aprender Física de modo significativo e consistente. Chamam a atenção, ainda, para o fato de que as atividades experimentais apresentam uma grande variedade de possibilidades e tendências de utilização, que vão desde a mera verificação de leis e teorias, através de atividades guiadas com roteiros fechados e com intuito de confirmação de algumas definições anteriormente abordadas, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, reformulando e reacomodando saberes. Destacam (*op.cit.*) que tanto em atividades de investigação, verificação ou demonstração, as atividades experimentais são um recurso valioso por tornar o ensino de Física mais estimulante, significativo e realista para o

aluno. Desta forma, contribuem para o desenvolvimento de importantes habilidades como a capacidade de reflexão, de efetuar generalizações, de trabalho em equipe e, a possibilidade de questionamento dos limites de validade dos modelos físicos teoricamente construídos.

Barbosa, Paulo e Rinaldi (1999), ao apresentar um trabalho sobre o ensino de Física experimental com o uso de laboratório, indicam que este não deve ser simplesmente um instrumento a mais de motivação para o aluno, mas sim, um organismo que propicie a construção e aprendizagem de conceitos e modelos científicos. Assim, chamam a atenção para a necessidade de que todo experimento deve ser realizado a partir de uma base conceitual e que o professor deve estar preparado para interligar o trabalho prático à elaboração do conhecimento científico pelo aluno.

Ainda neste tema, Coelho, Nunes e Séré (2003), ao comentar sobre a importância das atividades práticas nas aulas de Física, afirmam que através dos trabalhos práticos e das atividades experimentais o aluno deve se dar conta de que, para desvendar um fenômeno, é necessária uma teoria. Além disso, para obter uma medida e também para fabricar os instrumentos de medida é preciso muita teoria. Os autores destacam que, graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e das linguagens, tendo a oportunidade de relacioná-los com o mundo empírico, sendo estas atividades enriquecedoras para o aluno, uma vez que dão sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Ao relacionar as atividades práticas com a teoria (*op.cit.*) chama atenção que a prática deve estar a “serviço” da aquisição dos conhecimentos conceituais quando se trata de verificar uma teoria; por outro lado, a teoria deve estar a “serviço” da prática quando se permite ao aluno comparar modelos, utilizando as leis e os modelos com uma finalidade prática. Desta forma ele pode discernir o interesse específico da prática.

### *2.3. A organização do currículo integrado.*

Ao apresentar um estudo sobre experiências com Ensino Médio integrado à Educação Profissional realizadas em grupos de escolas da rede estadual dos estados do Espírito Santo e do Paraná entre 2003 e 2005, Ferreira e Garcia (2010) apontam que, entre as várias ações fundamentais à implementação desta modalidade de ensino, estão a necessidade de uma reformulação curricular, a formação continuada dos docentes no espaço interno da escola com encontros semanais para a articulação e planejamento de

atividades, a elaboração de ementas conjuntas entre as diferentes áreas, a reestruturação das instalações físicas como laboratórios e equipamentos, aporte financeiro para manutenção e ampliação de estruturas e a implementação de mecanismos de avaliação do processo como um todo. Ao comentar sobre a política de retomada da Educação Profissional na modalidade integrada (*op.cit.*), chamam a atenção que se trata de uma política curricular que concebe a formação de seus alunos intimamente imbricada aos princípios pedagógicos permanentemente presentes nas atividades de ensino-aprendizagem planejadas e desenvolvidas na escola, discutidas e assumidas pelo coletivo de profissionais e devidamente sistematizadas em seu Projeto Pedagógico. Apontam ainda a necessidade de construção de uma nova cultura de ensino, alicerçada na compreensão de uma educação profissional mais abrangente, em que os conhecimentos construídos pelos homens, por meio do trabalho, em sua trajetória para dominar a natureza e garantir a sua sobrevivência, sejam entendidos na síntese representada pela tecnologia e pelos consequentes avanços do conhecimento tecnológico na organização do processo produtivo moderno.

Ao ponderar sobre o ensino médio integrado, Frigotto (2010) enfatiza que se trata de uma base para o entendimento crítico, de como funciona e se constitui a sociedade humana em suas relações sociais e como funciona a natureza do mundo do qual fazemos parte. Dominar no mais elevado nível de conhecimento estes dois âmbitos é condição prévia para construir sujeitos emancipados, criativos e leitores críticos da realidade onde vivem e com condições de agir sobre ela. Frigotto destaca que ainda existe um triplo desafio a ser superado na implantação do ensino integrado. Em primeiro lugar, o abandono das ideologias impostas pelo capital, voltadas à pedagogia das competências, da empregabilidade, do empreendedorismo e da ideia de cursinho profissionalizante para a rápida inserção em um emprego. O segundo desafio é o da reorganização da escola e a formação dos educadores para seu efetivo engajamento, bem como mudanças na concepção curricular e prática pedagógica. Se os educadores não constroem, eles mesmos, a concepção e a prática educativa de visão política das relações sociais, qualquer proposta perde sua viabilidade. Por fim, o terceiro desafio envolve a sociedade civil e política. Trata-se de criar condições objetivas para viabilizar em termos econômicos e políticos este projeto de ensino. O aporte financeiro à manutenção do projeto, o engajamento da sociedade na consolidação de uma nova visão de escola, não movida pelas regras do capital, mas sim pela utopia de uma sociedade efetivamente socialista.

Ao comentar sobre o ensino interdisciplinar, Menezes (2000), analisando os PCNs, destaca que as áreas não deveriam ser simples articulações entre as disciplinas de cada uma delas, mas que deveriam também articular-se entre si, no sentido de promover as qualificações humanas mais amplas dos educandos. Desta forma, a área das Ciências da Natureza e Matemática tem objetivos formativos comuns com a de Linguagens e Códigos, como interpretar e produzir textos, utilizar diferentes formas de linguagem, a exemplo de gráficos, imagens e tabelas. Da mesma forma, tem objetivos comuns com as Ciências Humanas, como a compreensão histórica das ciências ou de questões sociais, ambientais e econômicas, associadas à ciência e à tecnologia. Estas interfaces entre as áreas não enfraquecem o sentido mais específico, próprio das Ciências e da Matemática, de investigação e compreensão de processos naturais e tecnológicos, mas, ao contrário, estabelecem melhor o contexto para os conhecimentos científicos e para as competências e habilidades a eles associadas.

A aculturação científica e tecnológica, segundo Fourez (*apud.* SANTOS, 2002) designa um processo de instrumentalização do indivíduo para participação plena e consciente do mundo científico-tecnológico, usufruindo de todas as possibilidades que ele oferece, utilizando seus produtos para a satisfação de suas necessidades reais, apropriando-se dos conhecimentos e utilizando-os como ferramentas para a compreensão do funcionamento e do processo produtivo das tecnologias e para a tomada de decisões frente a problemas que lhe afetem direta ou indiretamente.

### 3. Referencial teórico

O presente tem como referencial as teorias de aprendizagem de David Ausubel e Lev Semenovitch Vygotsky, por julgarmos serem as que mais se aproximam da proposta de ensino e aprendizagem aqui apresentada.

#### 3.1. Teoria da interação social de Lev Vygotsky.

Segundo Vygotsky, a educação não se resume à aquisição de um conjunto de informações; ela é uma das fontes de desenvolvimento e ela própria pode ser definida como o *desenvolvimento artificial* da criança.

A educação pode ser definida como sendo o desenvolvimento artificial da criança. [...] A educação não se limita somente ao fato de influenciar o processo de desenvolvimento, mas ela reestrutura de maneira fundamental todas as funções do comportamento (VYGOTSKY, 1984, p.107).

A transformação do homem em um ser cultural se dá pela internalização dos sistemas simbólicos. Vygotsky propõe que a criança tem seu desenvolvimento provocado por fatores de ordem natural e cultural, sendo este último o responsável por introduzi-la na sociedade, saindo de um estado primitivo, pré-cultural, para integrar a cultura dos adultos.

Para Vygotsky (REGO, 1996) o ser humano é alguém em constantes transformações que ocorrem sob a influência das suas relações com uma determinada cultura. Falamos aqui, não de um simples somatório de fatores inatos adquiridos, mas sim de uma interação dialética que se estabelece entre o indivíduo e o meio social e cultural em que está inserido. Assim, é possível constatar que o desenvolvimento humano não ocorre em decorrência de fatores isolados que amadurecem, ou fatores ambientais que agem sobre o organismo controlando seu comportamento, mas como produto de trocas mútuas, que se estabelecem entre indivíduo e meio, durante toda a vida.

Vygotsky aponta que o conhecimento construído pela criança se desenvolve entre dois níveis, os quais ele define como *zona de desenvolvimento real* e *zona de desenvolvimento proximal*.

Compreendemos como *zona de desenvolvimento real*, aquele conjunto de saberes já consolidados pelo sujeito em sua estrutura cognitiva, a partir dos quais, estes

possibilitam a solução de problemas de uma forma independente dos demais indivíduos. Assim, pela análise, reflexão e comparação as novas vivências vão sendo internalizadas pelo aprendiz.

No outro lado, a *zona de desenvolvimento proximal* abarca os conhecimentos em formação, aqueles cujos fundamentos não estão suficientemente claros na estrutura cognitiva do sujeito e que necessita o auxílio de alguém mais ciente sobre o assunto para a solução dos problemas. Neste nível, as interações sociais e as experiências adquiridas no convívio, estabelecem as condições responsáveis pelo desenvolvimento sócio-histórico-cultural da criança.

Podemos notar que tanto a *zona de desenvolvimento real*, como a *zona de desenvolvimento proximal* apresentam uma fronteira cujos limites são alterados frequentemente, pois à medida que o indivíduo incorpora novos conhecimentos, ambas adquirem novas dimensões.

Nem o desenvolvimento da criança, nem o diagnóstico de suas aptidões, nem sua educação podem ser analisados se seus vínculos sociais forem ignorados. A noção de zona de desenvolvimento proximal ilustra, precisamente, esta concepção. Esta zona é definida como a diferença entre os desempenhos da criança por si própria e os desempenhos da mesma criança trabalhando em colaboração e com assistência de um adulto (IVIC, 2010, p. 32).

O ensino que leva ao desenvolvimento cognitivo do educando encontra-se na *zona de desenvolvimento proximal*, pois é pela interação entre professor e aluno que os conteúdos e conceitos vão sendo compartilhados e ganhando significados socialmente aceitos. No caso da Física esta sociedade representa a comunidade científica.

Neste contexto Vygotsky apresenta o conceito de *interação social* no processo de ensino aprendizagem, onde a criança tem seu desenvolvimento decorrente da colaboração pela imitação de alguém que possui o domínio sobre certa tarefa ou situação. *Na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha, mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação* (VYGOTSKY, 2001, p.331).

[...] na interação social que deve caracterizar o ensino, o professor é o participante que já internalizou os significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo. Em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos no contexto da matéria de ensino, [...] O ensino se consoma quando aluno e professor compartilham significados (MOREIRA, 1999b, p.120 ).

As trocas de experiências propiciadas pelo diálogo de grupo e pelo uso de atividades experimentais de demonstração podem criar um meio colaborativo com

possibilidades de aprendizagem. Contudo, cabe destacar que a interação social representa condição necessária à aprendizagem, mas não suficiente, pois a consolidação do conhecimento depende de um exercício individual de acomodação do saber (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Ainda ao analisar a teoria vygotskyana, Gaspar e Monteiro (2005) apontam que associar questões teóricas com atividades experimentais a situações cotidianas favorece o diálogo de grupo e propicia um ambiente de interação social e trocas de experiências potencialmente significativas.

Quanto à forma que o conhecimento é adquirido por uma criança ao longo de sua vida, Vygotsky (2001) os separa em dois grupos: os de origem formal, definidos como conceitos científicos, que são aqueles relacionados às ciências sociais, físicas e naturais, as línguas e a matemática, e os espontâneos, adquiridos de maneira informal pelas experiências cotidianas. Mas destaca que mesmo de origens distintas, cognitivamente formam uma unidade.

O desenvolvimento de conceitos espontâneos e científicos são processos intimamente interligados, que exercem influência um sobre o outro. [...] trata-se de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas, mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem (VYGOTSKY, 2001, p.263).

Vygotsky afirma que a criança utiliza os conceitos espontâneos antes mesmo de compreendê-los por completo; mesmo conhecendo o objeto a que o conceito se refere não é capaz de conscientemente estabelecer relações com ele. Por outro lado, os conceitos científicos construídos a partir de definições verbais e operações lógicas tendem a culminar com os conhecimentos espontâneos em um grau mais elevado de suas relações.

Os conceitos espontâneos são não conscientizados e sua utilização ocorre de forma automática e instintiva, enquanto que os científicos pressupõem uma tomada de consciência cuja concepção significa uma generalização, isto é, a formação de um conceito superior. Conceitos científicos são conceitos reais, formados pela atualização dos conceitos. Assim, essa tomada de consciência só ocorre se o aprendiz possuir um conjunto de conceitos bastante ricos e maduros suficientemente para serem sistematizados.

Vygotsky indica que o desenvolvimento dos conceitos científicos é uma questão de ensino, uma vez que o processo de aprendizagem implica no surgimento de novas

estruturas e ou novos métodos de pensamento. Assim, a concepção de aprendizagem como processo estrutural e conscientizado indica que ela pode não só seguir o desenvolvimento, mas também superá-lo, projetando-o para frente e suscitando novas formações.

### 3.2. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Sob a ótica de Ausubel, as formas como o indivíduo se relaciona com o conhecimento estruturado a fim de integrá-lo à sua pré-existente estrutura cognitiva, é definida por ele como *subsunçores*. Estes devem ser o elo entre as ideias e interpretações já existentes e as novas informações e conhecimentos que vão ser incorporados à sua cultura. Este modo de aprendizagem, Ausubel define como *Aprendizagem significativa*, onde a reorganização dos saberes se estabelece através da acomodação dos novos conhecimentos em consonância com os seus *subsunçores* (MOREIRA, 1999a).

A incorporação de novos conhecimentos aos pré-existentes provoca uma reformulação dos *subsunçores*, permitindo que estes ampliem a capacidade de relacionamento e de agregação de novos saberes e com isso o significado destes. Porém, na sua ausência, a utilização de *organizadores prévios* como instrumentos de introdução de conceitos favorecem o desenvolvimento das condições favoráveis a futuras aprendizagens.

O professor como agente direto de mediação entre o *subsunçor* e os novos conhecimentos, é o responsável pela adição dos *organizadores prévios* à prática pedagógica, como forma de tornar a aprendizagem significativa para o sujeito, tornando-o agente ativo do processo por meio da evolução progressiva das ideias, que se estabelecem pela evolução das concepções do aluno. Ausubel nos chama atenção para o fato que só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos, logo, o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem (MOREIRA, 1999a).

Sabendo que a aprendizagem significativa é um processo progressivo e sequencial, o ensino deve ser baseado em princípios programáticos, onde as ideias mais gerais e inclusivas da matéria de estudo, devem inicialmente ser apresentadas ao educando, afim de que estas sejam periodicamente revisitadas para análise da diversidade de situações problema ou exercícios disponibilizados no decorrer do

processo. A este encadeamento de comparação e diferenciação, Ausubel chama de *diferenciação progressiva* e a aponta como compatível com uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2005).

Cabe ressaltar que o ensino não deve apenas promover a diferenciação entre os saberes, mas também deve promover a reconciliação entre eles, observando semelhanças e diferenças, uma vez que o conhecimento é uma construção humana, e não uma verdade absoluta. Contudo, um ensino que objetiva respeitar a progressividade da aprendizagem significativa deve observar uma sequência programática de conteúdos que, organizados de forma coerente, possam favorecer o desenvolvimento da estrutura cognitiva da criança.

Outro ponto importante a ser observado nesse processo diz respeito à rapidez com que os novos conhecimentos devem ser apresentados aos alunos: sob a premissa que a aprendizagem significativa ocorre sob a influência direta e decisiva dos conhecimentos prévios, a consolidação e o domínio destes, antes que novas situações sejam apresentadas, é de fundamental importância para que a concretização da aprendizagem ocorra.

Desta forma, as novas informações são assimiladas pelo sujeito à medida que os novos conceitos estejam materializados na sua estrutura cognitiva, funcionando como suporte às novas ideias. Contudo, não se trata apenas de uma relação restrita entre os componentes da nova aprendizagem e conceitos já existentes, mas de alterações na estrutura cognitiva, de forma que os conceitos mais relevantes e inclusivos funcionem como ancoradouros ao novo material, modificando esta estrutura (MOREIRA; MASINI, 1982).

O modo de apresentar um novo conteúdo, uma nova situação problema ou objeto de estudo pode influenciar decisivamente sobre o êxito de suas pretensões ou a real relevância que esta ganhará. É muito comum nas escolas incumbir ao livro texto esta tarefa o que, de certo modo, devido a sua natureza transmissora de verdades e certezas absolutas (MOREIRA, 2005), pouca a riqueza da diversidade de aspectos observáveis e relacionáveis que materiais diversificados como artigos, poesias, reportagens, experimentos, peças teatrais, visitas, em fim, uma série de possibilidades que, devidamente selecionadas para o objetivo almejado, favorecem o aluno se predispor a aprender e adotar uma postura crítica perante o que está fazendo.

Quando nos deparamos com situações que envolvem compartilhamento de significados, como as que se buscam no processo de ensino aprendizagem, nas relações

de sala de aula, nos defrontamos com um problema cuja natureza está entrelaçada com nossa percepção de mundo e esta, por sua vez, dependente de nossas experiências sociais, culturais e históricas. Moreira (2005), ao comentar sobre os *modelos mentais* de Johnson-Laird, destaca que não vemos o mundo e as coisas como elas são, mas como acreditamos que são, pois não as incorporamos simplesmente, mas as representamos com base em nossas percepções prévias. Assim, diante desta situação professor e aluno vivenciam um leque de percepções, visando uma aproximação ou buscando semelhanças entre elas a fim de compartilharem seus significados (GOWIN, *apud*. MOREIRA, 2005).

[...] o professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos em um dado momento. Mais ainda, como as percepções dos alunos vêm de suas percepções prévias, as quais são únicas, cada um deles perceberá de maneira única o que lhe for ensinado. Acrescenta-se a isso o fato que o professor é também um perceptor e o que ensina é fruto de suas percepções. Quer dizer, a comunicação só será possível na medida em que os dois perceptores, professor e aluno no caso, buscarem perceber de maneira semelhante os materiais educativos do currículo (MOREIRA, 2005, p.24).

Neste aspecto, a utilização de um currículo adaptado à realidade dos alunos, a utilização de material didático compatível com linguagem acessível e com intensa interação pessoal, são fundamentais para o êxito do trabalho. Cabe destacar que não se trata de pensar um ensino simplista ou algo semelhante, mas sim, propiciar condições iniciais para que o processo de aprendizagem possa progressivamente se desencadear.

### *3.3. A fundamentação teórica e o trabalho de pesquisa.*

Levando em consideração os aspectos das teorias de Ausubel e Vygotsky destacadas acima é que estabelecemos as bases sob os pilares que este trabalho voltado ao ensino técnico integrado está apoiado. A interdisciplinaridade em torno de um objeto de estudo amplamente conhecido e potencialmente significativo, tanto nos aspectos sociais quanto da formação profissional do curso, como é o caso dos refrigeradores domésticos, formam os *subsunçores* de agregação de saberes, promovendo a *interação* entre o *conhecimento prévio* do aluno e o novo conhecimento que se está introduzindo como enriquecedor da cultura.

À medida que a compreensão das Leis Físicas que envolvem o objeto de estudo vai sendo incorporada à cultura dos educandos, a sua capacidade de relacionamento é ampliada, e as suas articulações com outros conteúdos de diferentes disciplinas se

tornam potencialmente possíveis e significativamente reais. Contudo, convém destacar que, para que a aprendizagem significativa ocorra efetivamente, é necessário que o aprendiz esteja predisposto a isso, ou seja, o aluno tem que estar querendo e motivado para alterar sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2005).

O planejamento das atividades deste trabalho teve como norte a construção de uma *aprendizagem significativa crítica*, por entendermos que o aluno deve ser parte integrante de sua cultura sem ser reprimido por ela, por seus mitos, ritos e ideologias (*op.cit.* p.18). A *interação social* entre professor e alunos é fator indispensável para concretização do ensino. Neste sentido, o objeto de estudo e os textos de apoio produzidos para a contextualização da Física Térmica, buscam levantar questionamentos potencialmente significativos, favorecendo a negociação de seus significados. Postman e Weingartner ao chamar a atenção sobre a importância da permanente troca de perguntas no processo de ensino aprendizagem, destacam que *o conhecimento não está nos livros à espera de que alguém venha a aprendê-lo; o conhecimento é produzido em resposta a perguntas; todo novo conhecimento resulta de novas perguntas, muitas vezes novas perguntas sobre velhas perguntas* (apud. MOREIRA, 2005, p.19).

Quando pensamos as atividades experimentais relacionadas aos conteúdos de Física, os quais se definem como conceitos científicos e que se apresentam formalizados e muitas vezes de forma abstrata, consideramos que por meio de demonstrações é possível oferecer ao aluno elementos de experiência pessoal para preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos e dar, a esses conceitos, a força que essa vivência dá aos conceitos espontâneos (GASPAR; MONTEIRO, 2005).

Sendo a característica do curso um ensino técnico integrado à formação básica de nível médio, é essencial que a formação seja unitária e verdadeiramente significativa para o sujeito, abandonando uma postura muito presente nos cursos técnicos, especialmente os subsequentes à educação básica, onde o foco do ensino está direcionado para situações simplistas de análise de problemas ligados a funcionalidade de aparatos tecnológicos, uma vez que a visão empreguista é bastante forte.

Moreira ao comentar como um sujeito pode ser integrante de uma cultura e ao mesmo tempo não estar sob seu domínio, destaca:

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com as mudanças sem deixar-se dominar por ela, manejar a

informação sem sentir-se impotente frente a sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. Por meio dela, poderá trabalhar com a incerteza, a realidade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a ideia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente(MOREIRA, 2005, p.18).

Desta forma, o presente trabalho centra suas ideias em dois conceitos: o da *aprendizagem significativa* e integradora de saberes, fomentada pelo uso de organizadores prévios com o desenvolvimento dos subsunçores, e o da *zona de desenvolvimento proximal*, que aponta a região onde se estabelece o aprendizado entre o nível de desenvolvimento real, que é aquele onde os problemas são solucionados de forma independente, e o nível de desenvolvimento potencial, onde as soluções se estabelecem pelas interações sociais.

#### **4. Procedimentos metodológicos e didáticos**

Este capítulo apresenta aspectos relacionados ao desenvolvimento da proposta metodológica concebida para o ensino de Física Térmica, na disciplina de Física I, por meio de um objeto de estudo, o refrigerador doméstico, com utilização de material didático contextualizado e adaptado ao currículo interdisciplinar do curso técnico integrado de nível médio em refrigeração e climatização.

##### *4.1. Contexto escolar*

Esta proposta foi aplicada em duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio do curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus de Venâncio Aires, RS, localizado na Avenida das Indústrias, 1865 no Bairro Universitário, durante o segundo semestre de 2011.

No Campus Venâncio Aires, que contava com aproximadamente 160 alunos por ocasião da aplicação deste projeto, eram oferecidos dois cursos de nível médio na modalidade integrado de Técnico em Informática e Técnico em Refrigeração e Climatização e, uma turma de Técnico em Eletromecânica na modalidade subsequente. Ao todo eram cinco turmas com 32 vagas cada, com aulas nos turnos da manhã, tarde e noite. Por estar ainda em fase de implantação, o colégio não possui laboratórios instalados, estando em funcionamento em prédios alugados com estrutura apenas de salas de aula.

Os cursos oferecidos nesse Campus foram fruto de uma demanda da comunidade, indicados em consulta popular por entidades representativas, empresários e poder público municipal, quando da instalação da escola junto à cidade.

A estrutura física neste período foi bastante reduzida e deficitária, especialmente em relação a espaços para pesquisa e leitura, como os laboratórios de ciências, informática e biblioteca. Sendo assim, todas as atividades de ensino, incluindo as práticas, eram realizadas no mesmo ambiente de sala de aula convencional.

O corpo docente era formado por cerca de 30 professores das áreas propedêuticas e técnica, além de técnicos administrativos e demais funcionários terceirizados que davam suporte ao funcionamento da escola.

#### *4.2. Perfil dos alunos*

As atividades propostas neste trabalho foram desenvolvidas pelo professor titular da disciplina, juntamente com 60 alunos de duas turmas de primeiros anos dos turnos da manhã e tarde. Os alunos participantes possuíam idade entre 15 e 17 anos, com perfil socioeconômico de média e baixa renda, oriundos na sua maioria de escolas públicas da rede estadual e municipal de comunidades e bairros próximos a escola.

A maioria dos alunos apresentavam uma relação estreita com a área do curso de refrigeração e climatização, por se tratar de uma cidade onde a indústria ligada a este setor é bastante desenvolvida. Desta forma, seja pelos pais trabalharem nesta atividade, seja pelo convívio social ou pela possibilidade de um emprego futuro, o interesse pelos assuntos relacionados à formação técnica do curso era bastante evidente.

Quando da apresentação da proposta de ensino para os alunos, estes se mostraram bastante receptivos e dispostos a colaborar com as atividades. Da mesma forma, no decorrer do desenvolvimento das atividades, observamos que eles eram assíduos e apresentavam facilidade em trabalhar em grupo e discutir sobre os questionamentos levantados durante as tarefas orientadas.

Pode-se constatar também, mesmo que de forma empírica que, à medida que as aulas de Física migravam para um ensino mais articulado com a formação técnica, com o uso de equipamentos e experimentos em atividades práticas, o interesse, a motivação e o empenho dos alunos, gradativamente, aumentaram.

#### *4.3. Disciplinas de Física*

A Física no curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização é ministrada em três disciplinas anuais, Física I, Física II e Física III, que possuem uma carga horária de dois períodos por semana com duração de 50 minutos cada um. Conforme mostra a tabela da grade curricular no Anexo I, as disciplinas de Física são ministradas durante os três primeiros anos do curso, que tem duração total de quatro anos.

A grade curricular mostra que também são ministradas outras disciplinas como Eletricidade, Mecânica de Fluidos e Termodinâmica, que complementam os conteúdos da Física. Normalmente, em cursos não integrados à área técnica, estes conteúdos são tratados exclusivamente nas disciplinas de Física. A existência de uma carga horária

mais intensa da área das ciências naturais dentro do conjunto do curso justifica-se pela natureza da sua especificidade, e por ter um enfoque na aplicabilidade tecnológica de tais conhecimentos.

#### *4.4. Etapas de aplicação da proposta*

Concebida para ser uma proposta integradora de conhecimentos na formação técnica de alunos de nível médio, as atividades apresentadas na sequência foram produzidas levando-se em conta as bases das teorias de aprendizagem de David Ausubel e Lev Semenovitch Vygotsky, e desenvolvidas para o ensino de Física Térmica. Esta proposta, ao mesmo tempo em que foge da tradicional Mecânica ministrada no primeiro ano, a qual geralmente se apresenta pouco motivadora e exige conhecimentos matemáticos que os alunos ainda não dominam, torna a Física mais prazerosa e atrativa aos alunos.

O trabalho com os alunos ocorreu em doze encontros, nos meses de setembro, outubro e novembro de 2011, e foi dividido em quatro etapas. Inicialmente foi apresentada a proposta de trabalho aos alunos participantes do projeto e, na sequência, aplicado um questionário (Apêndice A) na forma de um pré-teste (SILVEIRA; MOREIRA, 1996) com o objetivo de coletar informações sobre o conhecimento prévio dos alunos com relação ao tema a ser abordado. Este serviu concomitantemente como orientação no desenvolvimento das atividades e na avaliação do processo evolutivo da aprendizagem dos alunos.

No segundo momento do trabalho, os alunos tiveram contato com o material didático produzido especificamente para o desenvolvimento do projeto (Apêndice B). A produção do texto de apoio buscou aproximar e relacionar assuntos da formação técnica com conteúdos de Física Térmica do ensino médio, tendo por objetivo a integração entre as diferentes disciplinas e áreas do conhecimento e, desta forma, apontar uma unidade no ensino ministrado aos educandos, de modo que este seja verdadeiramente significativo.

Neste módulo foram abordados tópicos relacionados à história da criação e evolução dos refrigeradores e a aplicação deste conhecimento na climatização de ambientes para conforto térmico e conservação de produtos. Esta atividade inicial teve como finalidade introduzir os alunos nos conteúdos relacionados à Física Térmica e, ao

mesmo tempo, propiciar o primeiro contato com temas diretamente relacionados à formação profissional a que o curso se propõe.

A terceira etapa foi marcada pelo uso em sala de aula da bancada didática de refrigeração construída para o desenvolvimento deste projeto, a qual serviu como objeto didático de apoio às atividades práticas (Apêndices C e D). Nesta etapa os alunos, através dos módulos de apoio ao estudo de refrigeração compostos por apostilas previamente elaboradas para as aulas (Apêndice B), tiveram atividades de reconhecimento de componentes e identificação dos fenômenos físicos envolvidos com o funcionamento do equipamento.

As apostilas compostas de textos, ilustrações e questionamentos, ambos relacionados à aplicação da Física Térmica na refrigeração e climatização de ambientes, guiaram as atividades de sala de aula. Produzidas sob a ótica das teorias sociointeracionista de Vygotsky e da aprendizagem significativa de Ausubel, procuraram oferecer a possibilidade de formação de elos entre os conhecimentos prévios, e em sua maioria espontâneos dos alunos, com o conhecimento formal de maneira significativa, possibilitando a evolução progressiva das ideias, pelo desenvolvimento da pesquisa e pela interação com o objeto de estudo.

Os alunos, divididos em pequenos grupos, receberam textos de apoio e questões desafiadoras relacionadas ao objeto de estudo. Ao mesmo tempo, relatos de experiências vividas no ambiente de trabalho ou no convívio com familiares que atuam na área da refrigeração enriqueceram o debate aos questionamentos em torno do objeto de estudo. Neste momento, várias questões, dúvidas e curiosidades surgiram da integração entre os recursos didáticos utilizados e o ambiente de ensino aprendizagem oportunizado. Este ambiente fértil, por sua vez, alavancou o desenvolvimento da pesquisa de temas relacionados aos conteúdos formais da Física, através do uso do livro didático do PNLD e da *internet* que, em momento posterior, foram socializados no grande grupo, mediados e articulados pelo professor da disciplina.

Na quarta e última etapa, os alunos participantes da proposta responderam novamente o questionário, que agora se apresenta na forma de um pós-teste, cujos dados serviram para auxiliar na análise da evolução dos alunos nas questões a que o projeto se propôs a abordar, bem como, identificar possíveis pontos que devem ser melhorados para uma utilização futura do material. Juntamente com este questionário os alunos relataram de forma escrita ou oral (Apêndice E) suas percepções a respeito da metodologia utilizada durante todo o desenvolvimento da proposta.

#### *4.4. Aplicabilidade do material didático*

A proposta de ensino de Física Térmica apresentada neste trabalho está diretamente voltada aos alunos do curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização e, portanto, refere-se a uma proposta de ensino em currículo integrado, onde a Física apresenta as bases do conhecimento formal necessário à boa formação profissional. Contudo, o objeto de estudo utilizado, o refrigerador doméstico, representa um subsídio didático interessante, por ser de uso comum e de fácil obtenção.

Com relação à montagem da bancada didática para uso em laboratório ou sala de aula, destacamos que esta pode ser confeccionada com material de baixo custo e, muitas vezes, aproveitando antigos equipamentos em desuso nas próprias escolas (Apêndice C), como é o caso dos bebedouros com sistemas de refrigeração a gás.

A utilização da bancada didática pode facilitar a compreensão de vários conteúdos de Física Térmica presentes nas ementas de Física do Ensino Médio, conteúdos estes que muitas vezes são apresentados aos alunos apenas de forma expositiva e desvinculados do contexto social e do mundo tecnológico que nos rodeia. Assim, a possibilidade de seu uso como ferramenta de simulação, observação e ou como desencadeadora de curiosidades, questionamentos, indagações, é bastante grande e potencialmente rica.

As apostilas que formam o texto de apoio oferecem temas diversos, possíveis de serem explorados e readaptados em função do interesse do professor. Podem ser explorados temas transversais à Física Térmica como questões de caráter ambiental, como é o caso dos efeitos provocados na atmosfera pelo uso dos CFCs ou dos fatores que interferem na eficiência energética dos refrigeradores domésticos e, por sua vez, no custo de vida das pessoas. No campo social e econômico, a evolução tecnológica dos equipamentos de refrigeração e climatização pelas mudanças históricas da matriz energética e dos fluidos refrigerantes, a influência da conservação de alimentos na sua disponibilidade e distribuição no mundo são temas que também contribuem para a formação cidadã do aluno. Em fim, trata-se de um material aberto e passível de adequações aos objetivos de seu uso.

Mesmo sendo uma proposta voltada para um curso em específico, acreditamos que, com algumas adaptações ao currículo da escola, tanto os textos de apoio como o objeto de estudo aqui apresentado podem ser de grande valia no desenvolvimento de um ensino de Física mais atraente e significativo.

## 5. Aplicação da proposta

Neste capítulo estão descritas as atividades desenvolvidas durante os doze encontros de aplicação do projeto de pesquisa, a metodologia e os recursos didáticos utilizados em sala de aula e o acompanhamento da evolução da aprendizagem dos alunos através da análise dos resultados obtidos pela aplicação dos questionários de pré-teste e pós-teste.

### 5.1. Apresentação da proposta e aplicação do pré-teste

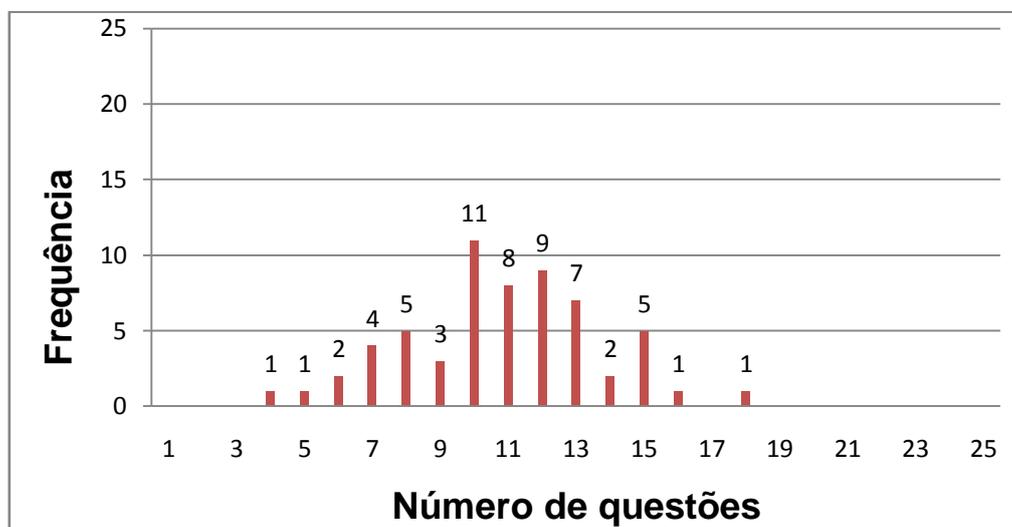
No primeiro encontro apresentou-se a proposta de curso aos alunos, onde foi explanado a respeito da finalidade, metodologia a ser utilizada e objetivos esperados com o trabalho. Apesar da receptividade, muitos deixaram transparecer certa apreensão quanto às novidades apresentadas. O fator novidade e ou mudança de hábitos, sempre desencadeia sentimentos de angústia e apreensão, especialmente neste caso em que todo o contexto de escola é novo, tanto quanto instituição, professores, curso, currículo, enfim, um conjunto de condições que favorecem ainda mais a postura defensiva de alunos adolescentes.

Por outro lado, a possibilidade de estar diante do diferente e ao mesmo tempo reconhecer na proposta elos entre os conteúdos propostos e a formação técnica e ou experiências vividas no contexto social, foram motivos de entusiasmo por visualizarem a possibilidade de ao mesmo tempo agregar e compartilhar conhecimentos. Neste momento, a condição de diálogo e reciprocidade ficou bastante consolidada, marcando o primeiro e fundamental passo para a efetivação do processo de ensino aprendizagem.

Após a apresentação da proposta, os alunos foram convidados a responder um questionário na forma de pré-teste com o objetivo de sondar os conhecimentos prévios dos alunos a respeito dos temas relacionados à Física Térmica, especialmente os conceitos de calor, temperatura e energia interna, além de comportamento de gases, funcionamento de máquinas térmicas, transmissão de calor, conforto térmico, transformações de energia, entre outros (Apêndice A).

Apesar da não obrigatoriedade proposta para a resolução do questionário, todos os 60 alunos presentes empenharam-se na interpretação e análise das questões, ocupando boa parte da aula.

O gráfico abaixo mostra o resultado dos índices de acerto obtidos pelos alunos no pré-teste.



**Gráfico 01: Histograma mostrando a média de acertos dos 60 alunos que responderam as 25 questões do pré-teste.**

A análise das respostas do pré-teste assinala para algumas concepções prévias relacionadas aos temas calor, temperatura e energia interna. Entre as associações ao conceito de calor identificamos: o uso de calor como sinônimo de temperatura e este fortemente relacionando ao estado de “quente” dos corpos - a visão de que o calor é algo contido no corpo e que sua quantidade interfere na temperatura do mesmo; que corpos de maior massa armazenam maior quantidade de calor do que corpos mais leves; que em materiais com extremidades com temperaturas diferentes, a extremidade cuja temperatura é maior contém mais calor que a outra, e que corpos “frios” possuem pouco ou nenhum calor.

Com relação ao conceito de temperatura foi possível identificar a sua associação ao da sensação térmica e o uso dos estados de frio e quente como forma de medida de temperatura. O equilíbrio térmico e a condutividade térmica dos materiais é outro ponto bastante confuso - um material de boa condutividade é identificado como de temperatura diferente dos maus condutores, mesmo estando ambos em equilíbrio térmico. A maioria dos alunos pensa que materiais como plástico e metal apresentam temperaturas diferentes mesmo após terem sido deixados por várias horas em um freezer ou forno.

A energia interna é o tema de maior estranheza, não só pelas respostas apresentadas pelos alunos no pré-teste, mas também pelos relatos apresentados por eles

durantes as conversas, onde afirmavam desconhecer o assunto e que responderam ao questionário com relação a este conceito apenas de forma intuitiva.

A sondagem inicial também se destinou a checar alguns tópicos a respeito da refrigeração, cuja compreensão se reporta a explicações físicas. Nestas, mesmo com alguns alunos estando familiarizados com a área de formação do curso, houve pouca diferença entre os alunos nos níveis de acertos. Os pontos de melhor aproveitamento ficaram por conta das características de um bom isolante térmico e a identificação do dispositivo de controle de temperatura em refrigeradores.

No final deste encontro, alguns alunos mais empolgados por terem tido alguma experiência ou convívio com o ramo da refrigeração mostraram-se dispostos a auxiliar nas atividades com materiais e montagem de experimentos.

## *5.2. História de criação e evolução dos refrigeradores*

O início das atividades diretamente ligadas à Física Térmica e ao objeto de estudo, o refrigerador doméstico, deu-se por uma abordagem histórica das questões relacionadas às necessidades sociais que motivaram o desenvolvimento dos equipamentos de refrigeração, tais como: a de conservação de alimentos por maiores períodos de tempo, a manutenção do conforto térmico em alguns ambientes onde o clima extremamente quente torna a vida das pessoas mais difícil e a diminuição dos riscos de proliferação de doenças, como no caso de hospitais localizados em regiões tropicais.

As atividades propostas foram desenvolvidas em dois momentos: um inicial em que pequenos grupos de cinco ou seis alunos recebiam um texto de apoio previamente elaborado, e um posterior, onde os alunos em um grande grupo socializavam os saberes construídos.

A opção pela dinâmica do trabalho em pequenos grupos, proposta com base na teoria sociointeracionista de Vygotsky, leva em consideração a importância das mútuas trocas de experiências, do diálogo e da construção da argumentação lógica despertada com este. Com a participação ativa do sujeito no processo de construção e formação do conhecimento, espera-se que as conectividades entre os novos conhecimentos e os previamente consolidados pelo aluno durante toda sua vida sejam favorecidas e, desta

forma, intimamente reacomodados e materializados em uma aprendizagem verdadeiramente significativa (MOREIRA, 1999a).

O texto de apoio elaborado com base em artigos, reportagens, documentários e literatura específica da área em estudo, juntamente com livros didáticos de autores conhecidos como: Gaspar (2009), Máximo e Alvarenga (2006), Calçada e Sampaio (1998), e as Leituras de Física do GREF (1998), fomentaram a pesquisa e alimentaram o diálogo e o confronto de ideias a cerca de uma série de questionamentos relacionados aos temas abordados, cuja função era instigar a reflexão, a curiosidade e a pesquisa sobre o assunto em estudo. O acesso à *internet* por meio de *notebooks* tanto de propriedade dos alunos como de outros disponibilizados pela escola para uso durante as aulas ou pesquisa extraclasse foi outra ferramenta utilizada que, somada às demais, auxiliaram na busca pelos objetivos propostos.

Na segunda etapa da aula, os alunos em um grande grupo socializavam os saberes construídos e as informações coletadas durante a atividade. Neste momento os alunos, juntamente com o professor, buscaram construir com base em argumentos científicos, situações cotidianas e exemplificações, uma fala organizada visando expressar, o mais claramente possível, suas concepções a respeito do que acabaram de integrar, mesmo que parcialmente, à sua estrutura cognitiva.

Associados à questão cronológica de desenvolvimento da tecnologia envolvida na criação artificial do frio e ao desenvolvimento de indústria frigorífica, temas envolvendo técnicas de conservação de alimentos e uso de materiais com características de bons e maus condutores de calor surgiram à tona, ligados é claro às concepções alternativas de calor, temperatura e energia interna.

Um dos pontos de destaque desta aula foi o fato dos primeiros refrigeradores domésticos do Brasil terem funcionado com sistemas alimentados por querosene. Alguns alunos bastante surpresos questionavam: “como é possível fazer fogo para fabricar gelo? onde ficava o tanque de combustível e a chama? não fazia fumaça? ficava sempre aceso o fogo? gelava bastante? etc.”

O que se pode perceber é que, já na atividade inicial, um grande leque de possibilidades de sequência e ligações com outras áreas do conhecimento apresentaram-se naturalmente, bem como o desenrolar de uma nova etapa do trabalho, desta vez com os materiais utilizados pela indústria de refrigeradores, como isolantes térmicos.

Durante a aula, a postura adotada pelo professor é a de agente mediador entre os *conhecimentos prévios* do aluno e os novos conhecimentos propostos pelo ensino

formal da disciplina. O diálogo entre professor e aluno torna ambos os sujeitos membros ativos do processo de ensino aprendizagem, favorecendo a evolução gradativa das ideias e a significância dos saberes produzidos.

### 5.3. *Isolantes e condutores térmicos*

No terceiro encontro, tratamos dos materiais bons e maus condutores térmicos e sua empregabilidade na indústria de refrigeradores e em ambientes pensados para proporcionar conforto térmico às pessoas que os ocupam ou aumentar a durabilidade dos produtos ali depositados, como é o caso de alimentos, medicamentos, entre outros.

Com uma organização física de sala de aula semelhante à aula anterior, os alunos receberam um pequeno kit com alguns materiais isolantes como lã de vidro, poliuretano expandido, isopor, espuma de poliestireno, cortiça, papelão ondulado, e, alguns bons condutores como cobre, alumínio e aço.

A utilização de material concreto em sala de aula busca facilitar o reconhecimento e a percepção das características físicas destas substâncias, bem como, chamar a atenção dos alunos para o tema em estudo.



**Figura 01: Conjunto de materiais isolantes disponibilizado aos grupos de alunos.**

Após certo período de reconhecimento dos materiais, os alunos receberam novamente um texto de apoio com um questionário enfatizando os tipos de materiais, suas características, aplicações, disponibilidade, relação custo benefício, capacidade de isolamento ou condutividade térmica, durabilidade, além de questões relativas de como

a indústria de refrigeradores trata da relação entre capacidade de isolamento, consumo de energia elétrica e preferência do consumidor quanto a forma física dos equipamentos.

De posse de alguns dos principais materiais bons e maus condutores de calor utilizados pela indústria da refrigeração, os alunos puderam observar algumas das características físicas que tornam um material isolante termicamente, como é o caso da porosidade que, pela presença de pequenos orifícios preenchidos com ar, reduz sensivelmente a condutividade térmica. Associado a este aspecto debateu-se sobre como a presença de água, proveniente da umidade relativa do ar, pode ocupar esses espaços destruindo parcialmente ou totalmente o isolamento.

Durante os diálogos firmados, sejam nos pequenos grupos ou na socialização do grande grupo, surgiram questionamentos relacionados ao uso de materiais alternativos como jornais, papelão e tecidos, para manter o corpo aquecido durante o frio do inverno. Outro ponto de discussão foi uso de superfícies refletoras e a influência da coloração na manutenção da temperatura em um ambiente. Neste aspecto, enfatizou-se o fato dos condensadores por convecção natural dos refrigeradores serem pintados de preto, o que favorece as trocas de calor entre o sistema e o ambiente externo.

Neste momento do trabalho abre-se a oportunidade de tratar questões referentes às formas de transmissão de calor, a relação entre variação de temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, os mecanismos de medida e controle de temperatura, as sensações térmicas, entre outros.

Durante esta aula um grupo de alunos com vivências no ramo da refrigeração, por já terem trabalhado nesta área ou a família ter empresa constituída nesta atividade, e que se dispuseram a colaborar com as atividades propostas para as aulas, foi convidado a conhecer a bancada didática. Após o reconhecimento do equipamento, três alunos prepararam uma fala a respeito do funcionamento de um sistema de refrigeração e seus componentes, a fim de auxiliar na divulgação do projeto e socializar suas experiências com os demais colegas.

A escolha por convidar alunos para exporem suas vivências com a refrigeração levou em consideração o fato que a socialização de tais saberes favorece a formação e consolidação dos conhecimentos informais oriundos do convívio social e das experiências cotidianas potencialmente significativas, as quais darão suporte funcionando como *organizadores prévios* dos conhecimentos a serem desenvolvidos, formando as bases sobre as quais o presente trabalho de ensino da Física Térmica se apoia.

A presença de um núcleo comum de conhecimentos relacionados ao objeto em estudo favorece o diálogo e a evolução progressiva das ideias. Ausubel nos aponta que só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos, pela reorganização dos conhecimentos já consolidados (MOREIRA, 1999a), porém, a transformação somente ocorre sobre fortes influências das relações sociais e culturais do indivíduo com seu meio.

#### 5.4. A bancada didática

De posse da bancada didática com um sistema simples de refrigeração construído a partir de um bebedouro inutilizado de uma escola (Apêndice C), o grupo de três alunos chamou a atenção dos colegas ao expor a proposta de diálogo da aula.

Ao se depararem com o objeto de estudo pela primeira vez, foi unânime a atenção dos alunos na sala, na direção de buscar compreender do que se tratava aquele equipamento. Ademais, as experiências relatadas pelos colegas devido à convivência com os equipamentos que produzem o frio artificialmente, como é o caso das geladeiras, freezers, condicionadores de ar e outros, desencadeou perguntas desde como é possível esfriar um material, até sobre o ambiente de trabalho dos profissionais que atuam na refrigeração ou climatização de ambientes.



**Figura 02: Alunos apresentando aos colegas a bancada didática e relatando sobre vivências com empresas e equipamentos desta natureza.**

Nesta aula os alunos foram instigados a conhecer e identificar os principais componentes físicos de um sistema de refrigeração, e houve uma rápida explicação

sobre o funcionamento do sistema e a função de cada componente do conjunto. Durante esta atividade não se buscou chamar a atenção dos alunos sobre o rigor do uso de conceitos ou dos fenômenos ali envolvidos pois, neste momento, o objetivo maior era a criação de algumas concepções iniciais a respeito do objeto de estudo, com a formação de alguns *organizadores prévios*, sobre os quais o processo de ensino aprendizagem iria se ancorar durante a sequência das atividades.



**Figura 03: Alunos, em um segundo momento, observando de perto e verificando o funcionamento e os componentes da bancada didática.**

A liberdade de expor seus pensamentos e conhecimentos informais propiciou tanto aos alunos que conduziam a fala como aos demais, a perda da inibição de perguntar ou relatar fatos. Eventualmente o professor era solicitado para intervir, no intuito de promover alguns esclarecimentos a respeito de um ou outro ponto levantado durante o debate.

Às vezes, durante o decorrer das atividades, surgiram questões mais complexas, como as que buscavam explicações de “como o compressor bombeava o gás dentro das tubulações?” ou “como o gás era gelado em um lado e quente do outro, se era sempre o mesmo gás?”, “que gás vai dentro do compressor?”, “o gás é venenoso?”, entre outras. Estas questões mais amplas, mesmo com explicações iniciais mais superficiais, foram desencadeadoras para o estudo de temas como: mudanças de estado físico da matéria, relação entre gás e vapor, comportamento de gases ideais, variação da energia interna, máquinas térmicas, Leis da Termodinâmica, e vários outros correlacionados, cujo aprofundamento ou não dependeu das necessidades iniciais de

compreensão de nosso objeto de estudo, uma vez que novamente estes temas seriam revisitados no ano letivo seguinte, na disciplina de Termodinâmica.

Observaram-se claramente durante esta aula o entusiasmo, a curiosidade e a vontade de comentar e perguntar sobre os equipamentos de refrigeração e climatização. Durante boa parte do tempo da aula, os alunos em pequenos grupos de conversa informal comentavam sobre o trabalho dos pais com estes equipamentos, falando como são fabricados, onde são vendidos, que produtos utilizam, entre outras coisas.

A coleta destas informações foi de fundamental importância na orientação das atividades seguintes, pois trouxe à tona subsídios para instigar os debates futuros em torno da Física destes equipamentos, ao mesmo tempo em que ofereceu significado ao estudo para aqueles que não tinham maiores informações sobre o trabalho nesta atividade. Assim, a dinâmica de interação social e de experiências adquiridas no convívio formou um conjunto de atividades que permeia a *zona de desenvolvimento proximal* e estabelece, potencialmente, as condições responsáveis pelo desenvolvimento sócio-histórico-cultural do indivíduo.

### *5.5. O funcionamento do compressor*

Em uma segunda etapa iniciou-se o reconhecimento e o estudo dos componentes que formam o sistema de refrigeração de nossa bancada didática. Optamos por começar pelo compressor, pois se trata do principal elemento do sistema e responsável por realizar trabalho sobre o gás refrigerante, forçando-o a circular por todo o sistema.

Um compressor hermético com a parte superior da carcaça retirada, com o óleo drenado previamente e preparado para utilização em sala de aula (Apêndice D) foi apresentado aos alunos no início da aula. Dessa forma pode-se observar os componentes elétricos do motor, suas propriedades eletromagnéticas, e o compressor com seu conjunto de pistão, biela e válvulas responsáveis pela sucção e compressão do refrigerante.

Associado à observação e manuseio do compressor, onde puderam de forma descontraída encher alguns balões, os alunos, novamente organizados em pequenos grupos, receberam um texto de apoio juntamente com um questionário sobre o funcionamento e a função deste componente do refrigerador.

A possibilidade de concomitantemente comparar o exposto no texto de apoio com a observação do equipamento, favoreceu a compreensão e permitiu, além de visualizar boa parte dos fenômenos físicos apresentados na apostila, confrontá-los com os conteúdos formais de Física, presentes nos livros didáticos. Desta forma, o enriquecimento da aula e a significância desta na construção do conhecimento ganham maior destaque.

Neste encontro utilizou-se também um vídeo retirado da *internet* no link [www.youtube.com/watch?v=ZqPyMTpQYZY&NR=1](http://www.youtube.com/watch?v=ZqPyMTpQYZY&NR=1) que demonstra o funcionamento do motor-compressor de uma geladeira. As animações presentes no vídeo associadas aos demais materiais didáticos utilizados durante a aula apontaram para questões relativas à capacidade de compressão, relação entre a frequência da energia elétrica e a rotação do motor, o uso de óleo lubrificante para redução de atrito entre componentes móveis, comportamento da temperatura do gás refrigerante durante a sucção e compressão, relação entre pressão e mudança de estado físico e a relação entre estes fatores e a eficiência energética do equipamento.

O uso de diferentes recursos didáticos durante a aula teve por objetivo favorecer a compreensão do conteúdo e o estabelecimento das relações entre a observação, a leitura, a simulação em modelos e o debate, com o confronto entre o conhecimento informal e formal, sistematizado nos livros didáticos.

A dinâmica adotada procurou despertar os alunos para o fato de o conhecimento não ser algo pronto ou uma verdade absoluta e imutável, mas sim, que este é fruto de uma construção humana, passível de questionamentos, transformações e aperfeiçoamentos ao longo do tempo. O conhecimento humano é fruto de um modelo mental inicial, que é corrigido recursivamente até que alcance uma funcionalidade que nos satisfaça (MOREIRA, 2005).

### *5.6. O funcionamento do condensador*

Ao estudarmos o condensador da bancada didática de refrigeração, algumas questões relacionadas à transmissão de calor, à variação da energia interna e às mudanças de estado físico sofridas pelo gás refrigerante ao circular por seus componentes são revisitadas para novas abordagens.

Nesta aula, um dos enfoques foi a diferença de rapidez nas trocas de calor quando comparamos um condensador de convecção natural e outro de convecção forçada. Neste contexto, questões relacionadas ao tipo de material, à área de troca de calor em função do número de aletas, ao tamanho do condensador e à capacidade frigorífica do equipamento fizeram parte dos debates e conduziram os estudos em relação à transmissão de calor e a eficiência energética do sistema.

A prática de secar roupas aproveitando o aquecimento da serpentina dos refrigeradores fez parte da conversa nos diferentes grupos de estudo, quando do reconhecimento da verdadeira função deste componente para o funcionamento do equipamento. Neste ponto, a discussão no grande grupo pendeu para o fato desta prática aumentar o consumo de energia elétrica e reduzir a eficiência do equipamento, uma vez que dificulta as trocas térmicas entre a serpentina e o ambiente.

Outro aspecto abordado durante este módulo foi a relação entre pressão e temperatura e o estado físico do fluido refrigerante. Neste aspecto, trabalhamos com o diagrama de fase de uma substância, interpretando o comportamento do refrigerante à medida que este cede calor para o ambiente externo do refrigerador, liquefazendo-se e seguindo para as partes mais baixas da serpentina, na direção do estrangulamento do capilar.



**Figura 04: Alunos observando a estrutura e o funcionamento de um condensador de convecção forçada.**

Durante o desenvolvimento das aulas, o texto de apoio produzido para o estudo da refrigeração sempre foi utilizado conjuntamente com alguns livros didáticos do PNLD. Nestes, os conceitos físicos formalizados eram confrontados com suas

aplicações no meio tecnológico, dando suporte à formação de um conhecimento mais abrangente e passível de novas associações.

As características de condutividade térmica e a coloração do material com que é feita a serpentina do condensador, também foram tratados neste momento. Convém destacar, que muitas das questões levantadas em aula, durante a realização destas atividades, não foram exploradas suficientemente apenas durante as duas aulas da semana. Os alunos realizavam atividades extraclasse para complementar a compreensão dos conteúdos, que eram socializados na aula seguinte e os questionários respondidos, retransmitidos via *e-mail* para os colegas e professor.

### *5.7. Filtro secador e tubo capilar.*

Dois componentes do sistema de refrigeração, o filtro secador, responsável por retirar resíduos e água do fluido refrigerante, e o tubo capilar, responsável por gerar duas regiões com diferentes pressões e com isso propiciar as mudanças de fase do refrigerante, serviram de suporte para o estudo de unidades de medidas dimensionais e das temperaturas de solidificação e fusão de algumas substâncias, entre elas, a água e alguns refrigerantes usados na refrigeração doméstica e industrial.

A umidade presente no refrigerante tem como sua principal origem os vapores de água da umidade relativa do ar, que se acumula durante o processo de fabricação ou manutenção do sistema. Desta forma, o que se apresenta para o estudo neste momento é como se constitui esta umidade, qual o significado do percentual que representa a leitura de seus índices, como a presença de uma maior ou menor umidade no ar interfere sobre a pressão atmosférica e nas taxas de troca de calor no condensador.

Outro fator abordado durante esta etapa foi o fato da presença de água no refrigerante provocar o entupimento do capilar pela formação de cristais de gelo e a formação de ácidos pela reação química com o fluido e, por conseguinte, a possível corrosão das tubulações. Este último ponto, relativo às funções químicas, paralelamente era abordado na disciplina de Química, uma vez que tal conteúdo estava contemplado em sua ementa e culminava como o trabalho aqui exposto.

Ao abordar novos componentes do refrigerador em estudo, sempre se buscou questionar sobre o comportamento das energias envolvidas no funcionamento do equipamento, em especial, a variação da energia interna do refrigerante à medida que

este vai circulando pelo sistema. Desta forma, tem-se como intenção facilitar a compreensão do conceito de energia interna e sua relação com o calor trocado com o meio externo.

### *5.8. Congelador ou evaporador*

O evaporador ou congelador é o ambiente de maior interesse em qualquer refrigerador. Este representa uma região onde a temperatura ambiente é diminuída drasticamente, quando da absorção de calor latente pelo fluido refrigerante durante sua evaporação, devido à rápida redução da pressão a que estava submetido ao passar pelo capilar.

É no evaporador que estão todos os olhares e a admiração de quem se depara com a bancada didática. Nele fica visível o funcionamento do refrigerador que opera transferindo calor de uma região para outra pelo trabalho de um motocompressor ao absorver energia elétrica.

Neste ponto do trabalho, mais uma vez abordou-se a relação temperatura, pressão e volume, com as mudanças de estado físico do fluido, e discutiram-se os conceitos de calor latente e calor específico, relacionando-os às alterações de temperatura sofridas pelo refrigerante. Desta forma, acreditamos que o aluno terá melhores condições de entender o conjunto de conceitos, fenômenos e grandezas físicas que envolvem esta máquina.

Por se tratar da fonte fria do refrigerador, outros pontos relevantes a esta condição fizeram parte das discussões: a qualidade do isolante e a temperatura interna; a origem do gelo formado sobre o evaporador; a influência da espessura da camada de gelo sobre o evaporador e a eficiência energética do sistema; o posicionamento do congelador nas geladeiras e a distribuição da carga térmica em seu interior para um melhor desempenho; as menores temperaturas alcançadas nos equipamentos domésticos; entre outros.

Durante este módulo, os alunos tiveram a oportunidade de aprofundar a compreensão dos conceitos de energia interna, entalpia e quantidade de calor, sendo instigados a discutirem as Leis da Termodinâmica na forma como são apresentadas nos livros didáticos, estabelecendo um comparativo com o que é observado durante o funcionamento da bancada didática de refrigeração.

### 5.9. *Os fluidos refrigerantes*

Os refrigerantes são os agentes de transporte de energia térmica da fonte fria para a fonte quente. Por circularem em ambientes de temperaturas bastante baixas e por sofrerem sucessivas alterações de temperatura, pressão e volume, além de entrarem em contato com óleo lubrificante, estes devem apresentar algumas características relevantes como: terem baixo ponto de solidificação, não serem corrosivos ao sistema, não reagirem quimicamente com o lubrificante, ter calor específico baixo, possuir calor latente de evaporação elevado, etc.

Porém, a evolução histórica de utilização de diferentes refrigerantes apontou para outros problemas externos aos refrigeradores: fatores que provocaram a substituição de alguns como a amônia e o propano, altamente tóxicos em casos de vazamentos, e, mais recentemente, os CFCs (clorofluorcarbono) por serem nocivos à camada de ozônio.

Um ponto bastante discutido durante este módulo do trabalho foram as questões ambientais relacionadas a estas substâncias, especialmente com relação ao destino dado aos CFCs ainda presentes em muitos de nossos refrigeradores antigos que, ao serem descartados, acabam sendo destinados a ferros-velhos para reciclagem. Neste aspecto, abordamos a forma como estes gases reagem quimicamente na atmosfera e contribuem para a destruição da camada de ozônio, e quais as principais diferenças entre os antigos R11 e R12 e os atuais refrigerantes utilizados nas geladeiras e freezers. Ao mesmo tempo, trabalhou-se no sentido de desmistificar a ideia que os equipamentos de refrigeração antigos, ainda em funcionamento, estão poluindo a atmosfera pelo simples fato de possuírem como refrigerante algum tipo de CFCs.

Um ponto de destaque desta etapa foi o interesse de um grupo de alunos pelo tema do destino dos equipamentos de refrigeração antigos e do tratamento dado aos refrigerantes presentes neles. Com vistas a apresentar o trabalho em duas feiras de ciência e tecnologias, uma na cidade de Charqueadas e outra em Camaquã, iniciaram um trabalho de pesquisa com relação ao descarte destes materiais na cidade de Venâncio Aires, mas que, como foco inicial, tinha como intenção chamar a atenção para o problema da destinação e descarte correto dos refrigeradores domésticos em desuso, uma vez que quando destinados à reciclagem de suas partes metálicas, os refrigerantes, na maioria das vezes, são liberado diretamente no ambiente.



**Figura 05: Alunos apresentando seu trabalho sobre reaproveitamento de dispositivos de refrigeração na V Mocitec na cidade de Charqueadas.**

Os impactos ambientais causados pelo uso de refrigerantes na indústria da refrigeração e climatização e as tendências de substituição dos atuais HCFCs (hidroclorofluorcarbono) por opções menos agressivas foram abordados no final deste módulo, tendo com subsídio uma entrevista com a doutora Suely Carvalho, diretora do programa do Protocolo de Montreal e Químicos das Nações Unidas para o desenvolvimento (CARVALHO, 2011). Uma cópia da entrevista, que foi publicada em outubro de 2011 na revista *Abrava*, encontra-se no Anexo II. Nesta oportunidade, discutiu-se o cenário atual da indústria da refrigeração no mundo, os cronogramas de metas para redução da produção e consumo de alguns fluidos, o reaproveitamento e/ou destruição correta dos CFCs, HCFCs e HFCs (hidrofluorcarbono) e os principais entraves existentes no avanço desta questão.

### *5.10. Eficiência energética dos refrigeradores*

Neste módulo do trabalho, a questão em foco foi a eficiência energética dos refrigeradores e a certificação destes produtos pelo selo PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Primeiramente os alunos trabalharam com a identificação do significado da classificação recebida pelos eletrodomésticos através do selo Procel, o qual indica os níveis de eficiência energética dos aparelhos, orientando os

consumidores na hora da compra e estimulando a indústria a desenvolver produtos mais eficientes contribuindo, desta forma, para a preservação ambiental.

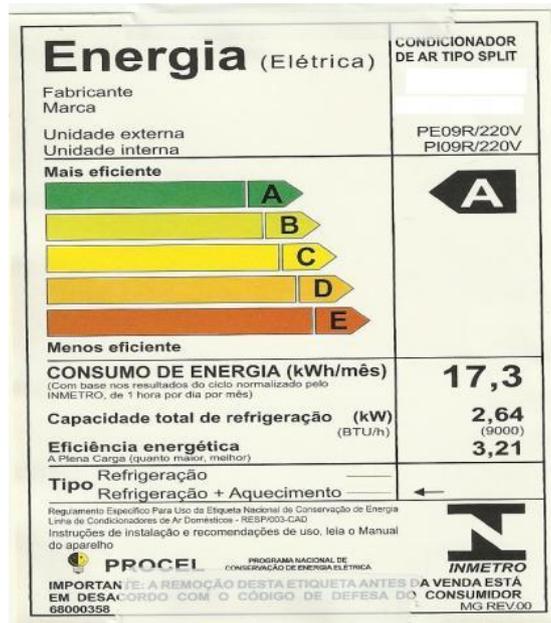


Figura 06: Selo PROCCEL de um condicionador de ar tipo *split* utilizado para análise durante a aula.

Em um segundo momento, passou-se a debater sobre que fatores da arquitetura ou operacionais dos refrigeradores domésticos interferem na sua eficiência energética. Neste ponto, abre-se espaço para o estudo sobre as formas de transmissão de calor, relacionando-as com alguns cuidados que devem ser observados durante a instalação e uso destes equipamentos.

Durante os estudos direcionados pelo texto de apoio e questionário, surgiu como tema de discussão, quais os limites de eficiência energética possíveis de serem alcançados por uma máquina térmica como um refrigerador ou um automóvel. Neste contexto, os alunos são instigados a pesquisar sobre o que são *motoperpétuos* e as tentativas históricas de sua construção. Posteriormente, em uma espécie de contraponto com as Leis da Termodinâmica, buscou-se explicar as impossibilidades do funcionamento deste tipo de equipamento, sendo apresentado o ciclo de Carnot como a representação teórica de uma máquina térmica com o máximo rendimento possível.

Na sequência deste módulo, realizou-se uma simulação do COP - coeficiente de performance ou eficácia da bancada didática. Para isso, comparou-se a quantidade de energia elétrica consumida pelo sistema, com a quantidade de energia térmica transferida da água para o ambiente externo.



**Figura 07: Imagem da bancada didática durante a leitura da tensão para simulação da eficiência energética.**

A energia elétrica consumida pelo sistema foi obtida com base na potência elétrica fornecida pelo fabricante do refrigerador de água que utilizamos para confeccionar a bancada didática, que no nosso caso é de 154 W. A quantidade de calor transferido da água pelo sistema de refrigeração da bancada, foi determinada com base no calor específico da água e pela variação de sua temperatura, a qual foi monitorada com auxílio de um termômetro. Assim, de posse destas leituras e dados, podemos estimar a eficiência energética de nossa bancada didática de refrigeração.

Com o sistema em funcionamento adicionou-se ao reservatório, três litros de água inicialmente a 20°C. Com um cronômetro, verificamos o tempo gasto pelo sistema para provocar uma variação na temperatura da água.

As leituras indicadas pelos termômetros e cronômetro demonstraram que a bancada didática em funcionamento durante 20 minutos, em um dia em que a temperatura ambiente era de 15°C, produziu uma variação na temperatura da água de aproximadamente 10°C. Com estes dados, estimamos o Coeficiente de Eficácia ou COP da bancada didática, em aproximadamente 0,68.

Após a realização do experimento, os estudos seguiram com a análise dos resultados obtidos, o significado do valor da COP encontrado e sua relação com a compreensão da segunda Lei da Termodinâmica, a diferença das leituras de temperatura realizadas na bancada didática e os reais valores no refrigerante, assim como a impossibilidade de sua utilização para o cálculo, a utilização da bancada didática para

estimar o calor específico de outros líquidos, a comparação do valor da COP da bancada didática com os apresentados em geladeiras e freezers a venda no comércio, e possíveis alterações a serem feitas na bancada didática com o propósito de melhorar sua eficiência energética.

A atividade prática de montagem do experimento, leitura dos dados e cálculo da eficiência energética, buscou alternar os métodos e estratégias de ensino-aprendizagem, favorecendo a aproximação entre o conhecimento formal teórico e situações reais onde o aluno deverá aplicar seus conhecimentos, o que, em virtude da significância e da curiosidade despertada com a atividade, favoreceu em muito a concretização do aprendizado.

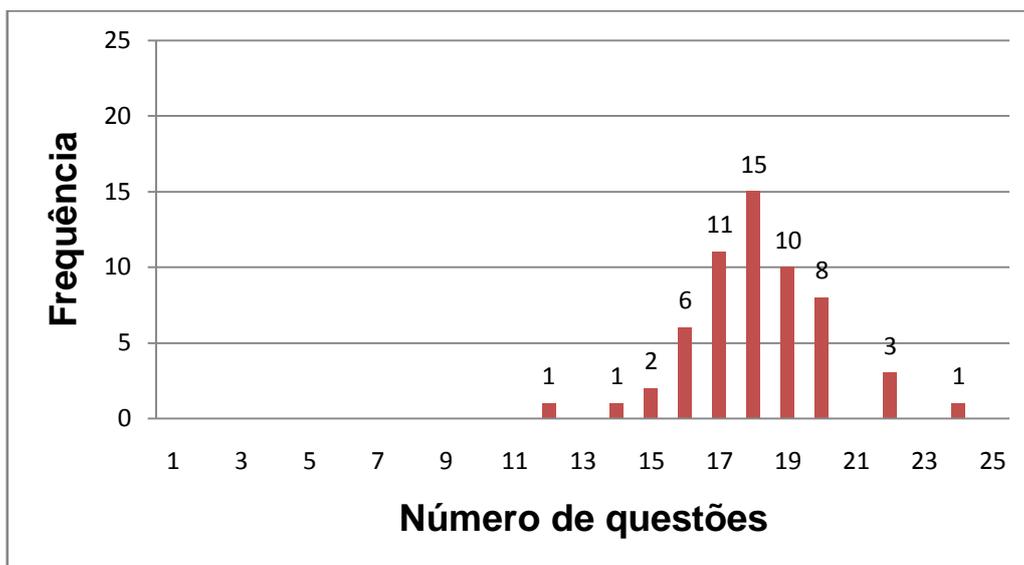
Esta etapa do trabalho deixou evidente a necessidade e a importância de sempre que possível no ensino de ciências de nível médio utilizar métodos que aproximem as vivências com os conteúdos teóricos da ementa de curso. Tal estratégia favorece a análise, a comparação, a compreensão de situações problema e o estabelecimento de relações entre elas, levando ao desenvolvimento de novos conhecimentos pela evolução progressiva das ideias, que se estabelece pelo aumento das conexões com os conhecimentos prévios do aluno (MOREIRA, 1999a).

#### *5.11. Aplicação do pós-teste e avaliação do trabalho*

Na última etapa do trabalho os alunos foram convidados a responder novamente o questionário aplicado no início das atividades. Porém desta vez, solicitou-se também, que escrevessem sobre suas impressões sobre o trabalho realizado durante o desenvolvimento do projeto, em uma espécie de avaliação da metodologia utilizada, apontando para aspectos positivos e negativos, e possíveis sugestões para uma eventual etapa futura.

Durante o período de aplicação da proposta não foi feita nenhuma referência às questões do pré-teste, como correção, gabarito ou aos resultados obtidos. Assim, a reapresentação do questionário visa verificar as mudanças das concepções dos alunos após a aplicação do projeto.

O gráfico abaixo mostra o resultado dos índices de acerto obtidos pelos alunos no pós-teste.



**Gráfico 02: Histograma mostrando a média de acertos dos 58 alunos que responderam as 25 questões do pós-teste.**

Os conceitos e demais tópicos de Física abordados no questionário de investigação foram incessantemente trabalhados durante o desenvolvimento do projeto, seja por meio do texto de apoio e leituras no livro didático, seja pelas atividades experimentais e demonstrativas, ou ainda pelo debate de socialização dos conteúdos. Desta forma, constantemente as concepções alternativas a respeito dos conceitos de calor, temperatura, energia interna e outros temas da Física Térmica, foram rediscutidos na busca pela sua correta compreensão.

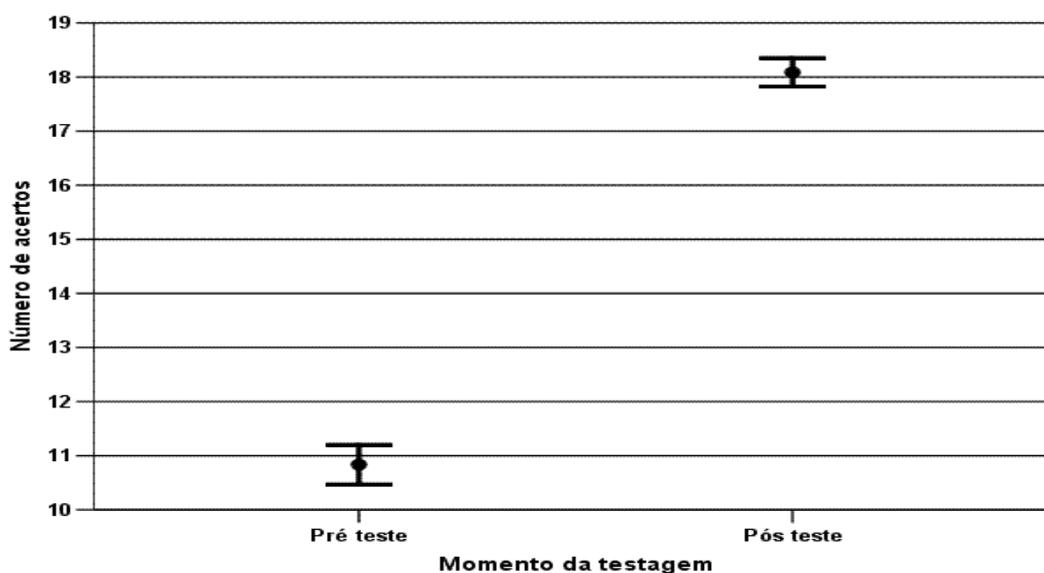
Quando comparamos os índices de acertos obtidos na resolução dos questionários no início e no fim do trabalho envolvendo o estudo da Física Térmica por meio do uso do refrigerador doméstico como objeto de estudo, podemos perceber uma significativa evolução no número de acertos, o que aponta para o êxito do projeto.

Mesmo que neste trabalho não seja nosso objetivo dar um tratamento estatístico mais rigoroso aos dados compilados nos questionários, é possível perceber que houve, além de uma melhora no índice de acertos, uma redução na amplitude de distribuição das respostas no pós-teste, sinalizando para um possível efeito da ação do trabalho realizado em aula durante o desenvolvimento do projeto.

Contudo, segue uma breve análise do comparativo dos escores no pré-teste e pós-teste. No pré-teste, o número de respondentes foi de 60 alunos, com média de acerto de 10,8 e desvio padrão de 2,8. No pós-teste, o número de respondentes foi de 58 alunos, com média de acerto de 18,1 e desvio padrão de 2,8. O cálculo comparativo

através do teste *t de Student para variáveis relacionadas* apresenta os seguintes dados: para a razão *t de Student* da diferença entre as médias, o valor de 16,0, e para o nível de significância estatística, que indica a probabilidade que a diferença entre as médias tenha ocorrido por acaso, um valor inferior a 0,0001 (SILVEIRA, 2006). Essa análise revela que houve um crescimento deste grupo de alunos com relação à compreensão dos tópicos de Física Térmica trabalhados durante o desenvolvimento deste projeto.

O gráfico abaixo mostra um comparativo da média do número de acertos obtido pelos alunos no pré-teste e pós-teste.



**Gráfico 03: Gráfico comparativo da média do número de acertos dos alunos que responderam as questões no pré-teste e pós-teste.**

Os tópicos que apresentaram maior evolução após a aplicação do projeto foram os relacionados aos conceitos de calor e temperatura, seguidos das questões que tratavam dos temas relacionados à refrigeração.

A diferenciação entre calor e temperatura foi, visivelmente, o ponto que mais contribuiu para a melhoria nos índices de acertos relacionados aos dois conceitos. O abandono da associação de calor com o estado de quente ou de temperatura alta, o entendimento a respeito do equilíbrio térmico e sua relação com a condutividade e a sensação térmica foram os pontos de destaque nesta distinção de conceitos.

O conceito de energia interna mostrou pouca evolução em comparação aos demais. Mesmo após o desenvolvimento do projeto, muitos alunos continuavam associando energia interna diretamente com temperatura, desconsiderando questões como as mudanças de estado físico ou o calor específico de diferentes tipos de materiais. Desta forma, sinto a necessidade de repensar as estratégias a serem adotadas,

com relação a este tema, para uma possível reaplicação do trabalho, dada a importância deste conceito na base do curso.

A dinâmica do trabalho em pequenos grupos, a criação de ambiente de pesquisa e debate, o uso de objeto significativo de estudo e a busca por um ensino integrador com as demais disciplinas do curso técnico, demonstraram uma tendência de unidade de conhecimento em torno dos conteúdos de Física Térmica.

No que se refere aos relatos descritos pelos alunos a respeito da metodologia utilizada durante o desenvolvimento do trabalho, muitos apontam como o principal aspecto favorável, a utilização de material prático em sala de aula e, em segundo lugar, o trabalho em pequenos grupos com o uso dos textos de apoio, pois estes, segundo relatos, facilitam a compreensão dos conteúdos abordados, uma vez que estão contextualizados em torno do objeto de estudo. Alguns destes relatos podem ser observados no apêndice E deste trabalho.

## **6. Conclusões e considerações finais**

Construir uma proposta de Ensino de Física Térmica contextualizada por meio da utilização de um equipamento tecnológico, como é o caso dos refrigeradores domésticos e da produção textual de um material de apoio direcionado a alunos do Curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização, com vistas a promover um ensino unitário e interdisciplinar entre a Física e a formação profissionalizante, foi o objetivo central deste trabalho.

Para isso, buscou-se um ensino mais significativo e articulado com a formação técnica, onde o aluno possa estabelecer relações entre os conceitos, leis e princípios da Física formal com suas aplicações no mundo tecnológico. Não tratamos aqui de um ensino voltado à mera aplicabilidade ou funcionalidade de equipamentos, mas sim, da compreensão de um conjunto de circunstâncias que vão desde a formação profissional para o trabalho, ao uso e às contribuições sociais da tecnologia, à postura ética na utilização e aplicação da Ciência e aos impactos sociais, econômicos e ambientais da sua manipulação e uso.

O grande desafio proposto por este trabalho está na tentativa de desfragmentar o ensino organizado em disciplinas que não dialogam entre si e, principalmente, transformar o ensino de Física de nível médio mais contextualizado e atraente para os alunos. O fato de o trabalho ser desenvolvido com alunos de cursos de formação técnica, cuja base científica centra-se em conhecimentos físicos, a abertura de possibilidades de exploração de diferentes temas torna-se bastante grande. Um exemplo disso é uso do refrigerador doméstico como objeto de estudo para ensino de Física Térmica.

Acreditamos que a experiência proporcionada por este trabalho aponta para uma possibilidade de pensarmos currículos mais articulados com um ensino verticalizado em torno de uma proposta de formação integral, onde o conhecimento seja uma teia de saberes verdadeiramente significativos. Trata-se de um pequeno passo diante de um vasto campo a ser explorado, mas que certamente assinala para um frutífero caminho a ser observado.

Com a produção de um material didático na forma de textos de apoio relacionados ao objeto em estudo, com uma linguagem acessível e organizados em pequenos módulos sequenciais, buscou-se articular as concepções pré-existentes nos alunos, com a fundamentação teórica da Física, em uma constante acomodação e

consolidação de saberes, que sob a ótica de Ausubel tornam a aprendizagem potencialmente significativa.

A abordagem de temas atuais correlatos à Física com os impactos ambientais provocados pelos fluidos refrigerantes, as questões econômicas relacionadas à eficiência energética ou as aplicações da produção de frio extremo, enriqueceu os debates e articularam a unidade de saberes almejada por este trabalho e por todo o ensino básico.

Levar para a sala de aula experimentos que permitam a demonstração e a simulação de fenômenos físicos contribuiu não só para cativar o interesse dos alunos pelo objeto em estudo, mas favoreceu o espírito investigativo, a capacidade de realizar reflexões, generalizações e questionamentos sobre os limites de validade dos modelos físicos teóricos. Desta forma, a bancada didática confeccionada neste trabalho, representa uma real possibilidade de uso para exploração da Física Térmica.

Acreditamos que este material pode ser utilizado não somente para este caso particular de curso técnico em Refrigeração e Climatização, mas também por outras escolas e cursos de nível médio, uma vez que a confecção da bancada didática representa a possibilidade de muitas escolas possuírem em seu Laboratório de Ciências uma máquina térmica, de baixo custo e excelente para exploração das Leis da Termodinâmica, mudanças de estado físico, conceitos de calor, temperatura e energia interna, etc.

A adaptação de um currículo, o pensar uma metodologia de ensino diferenciada da velha escola tradicional tecnicista, requer mais que desapego às antigas e cronológicas listas de conteúdos; requer uma mudança de postura de alunos e professores frente ao saber organizado. Trata-se de uma postura ativa de caráter participativo onde os sujeitos possam interagir com o conjunto ser/saber, fazendo parte da sua constituição de forma ética e crítica.

O trabalho em pequenos grupos mostrou-se uma ferramenta didática bastante positiva, pois favorece a participação dos integrantes de forma mais ativa que no amplo conjunto da turma, onde muitas vezes a inibição pode a participação. No mesmo patamar de importância está a identificação e o uso das concepções iniciais dos alunos a respeito dos temas a serem abordados, que neste trabalho ficou por parte dos relatos das experiências e das vivências com a indústria da refrigeração e climatização, presente na comunidade, ou da observação de alguns equipamentos domésticos como geladeiras, freezers ou condicionadores de ar. Com isso é possível reconhecer algumas concepções

alternativas dos alunos e assim direcionar as ações ao longo do trabalho no sentido de promover o realinhamento com o saber científico.

O crescimento nos índices de acertos demonstrados pelos questionários de pré-teste e pós-teste e o grau de satisfação dos alunos evidenciado na avaliação final do projeto indicam para uma significativa relevância do trabalho aqui proposto, merecendo a atenção dos professores que buscam um ensino de Física atraente e verdadeiramente significativo no Ensino Médio.

## 7. Bibliografia

ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. *Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.25, n. 2, junho, 2003.

BARBOSA, J. O; PAULO, S. R; RINALDI. C. *Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 1: p. 105-122, abril. 1999.

BONADIMAN, H; NONENMACHER, S. E. B. *O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 4, n. 2: p.194-223, agosto. 2007.

BRASIL. Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996. *Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. Brasília, MEC. 1996.

BRASIL, Resolução CNE/CEB nº 4, *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico*. 1999.

BRASIL. *Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ensino médio (PCN+)*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio*. v. 2. Brasília: MEC, 2006.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. *Física Clássica*. São Paulo: Atual, 1998.

CARVALHO, S. *Eliminação dos HCFCs sob a ótica do PNU: depoimento* [setembro, 2011]. São Paulo: Revista Abrava. ed. 296. p. 8-14. Outubro. 2011.

COELHO, S. C; NUNES, A. D; SÉRIÉ, M. G. *O papel da experimentação no ensino da Física*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 20, n.1: p. 30-42, abril. 2003.

FERREIRA, E. B.; GARCIA, S. R. O. O ensino médio integrado à educação profissional: um projeto em construção nos estados do Espírito Santo e do Paraná. In: FRIGOTTO, G; CIAVATTA, M; RAMOS, M. (Orgs.). *Ensino Médio Integrado: Concepção e contradições*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

FERREIRA, C. C; FONTES A. S; MOGNON, A. *O ensino de física e matemática a partir do jato de água*. Disponível em: <[www.cienciaemtelanutes.ufrj.br/artigos/0110\\_cargnin.pdf](http://www.cienciaemtelanutes.ufrj.br/artigos/0110_cargnin.pdf)>. Acesso em 08/11/2011.

FRIGOTTO, G. Concepções e mudanças no mundo do trabalho e o ensino médio. In: FRIGOTTO, G; CIAVATTA, M; RAMOS, M. (Orgs.). *Ensino Médio Integrado: Concepção e contradições*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

FURUKAWA, H. C. *A energia como um tema de estudos no ensino de física de nível médio: uma abordagem interdisciplinar e contextualizada - um estudo de caso*. 1999. 214f. Dissertação (Mestrado - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energias), Universidade de São Paulo. 1999.

GASPAR. A. *Física: Ondas, óptica e Termodinâmica*. 2.ed. São Paulo: Scipione, 2009.

GASPAR, A; MONTEIRO, I. C. C. *Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky*. Disponível em: <[www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n2/v10\\_n2\\_a5.htm](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n2/v10_n2_a5.htm)>. Acesso em 21/11/11.

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras de Física-Física térmica*. Instituto de Física da USP. 1998. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/termodinamica.htm>>. Acesso em 10/05/11.

IVIC, I. *Vygotsky, L. S.* Recife: Massangana. 2010.

LIÇÕES DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Educação. Departamento Pedagógico. *Referenciais Curriculares do Estado do Rio Grande do Sul: Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Porto Alegre, SE/DP. 2009.

MACHADO, L. Ensino médio e técnico com currículos integrados – proposta de ação didática para uma relação não fantasiosa. In: MOLL, J. (Org.). *Educação profissional e tecnológica no Brasil contemporâneo: desafios, tensões e possibilidades*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

MAI, I. Utilizando um forno microondas e um disco rígido de computador como laboratório de física. 2008. 143f. Dissertação Mestrado (Mestrado Profissional em Ensino de Física) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

MARTINELLI, L. C. J. *Refrigeração*. Disponível em: <[http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao\\_ar/apostila\\_refrigeracao.pdf](http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao_ar/apostila_refrigeracao.pdf)>. Acesso em 06/07/2011.

MÁXIMO, A; ALVARENGA, B. *Física*. São Paulo: Scipione, 2006.

MENEZES L. C. *Uma Física para o novo Ensino Médio*. Revista Física na Escola. v.1, n.1, p. 6-8. Outubro. 2000.

MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora UnB, 1999a.

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

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa Crítica*. Porto Alegre: Impressos Portão Ltda - São Leopoldo 2005.

MOREIRA, M. A; GRINGS, E. T; CABALLERO, C. *Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de termodinâmica*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 463-471. Julho. 2006.

MOURA, E. D; TUYAROT, D. E; VIAMONTE, P. F. S. *Ensino de Física através de Projetos: novas práticas para ensinar o funcionamento de dispositivos eletrônicos*. Disponível em: <[www.enrede.ufscar.br/participantes\\_arquivos/E4\\_Tuyarot\\_RE.pdf](http://www.enrede.ufscar.br/participantes_arquivos/E4_Tuyarot_RE.pdf)>. Acesso em 08/11/11.

- PIRANI, M. J. *Refrigeração e Ar Condicionado Parte I Refrigeração*. Disponível em: <[http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao\\_ar/Apostila\\_Refrigeracao\\_1.pdf](http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao_ar/Apostila_Refrigeracao_1.pdf)>. Acesso em 03/08/2011.
- REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação*. Petrópolis: Vozes, 1996.
- SANTINI, N. D. *Estudo de equipamentos agrícolas no ensino de física: uma proposta para trabalho em escolas agrotécnicas*. 2005. 314f. Dissertação (Mestrado em Educação), Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria. 2005.
- SANTOS, C. F. R. *Educação Tecnológica no Ensino de Física – análise de uma experiência didática utilizando objetos tecnológicos*. 2002. 130f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2002.
- SCARPARI, D. O. *Física dos Biodigestores: Contextualizando o Ensino de Física para Alunos do Curso Técnico Agrícola*. 2009. 160f. Dissertação Mestrado (Mestrado Profissional em Ensino de Física) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.
- SILVA, A. O; REIS, M. *Elaboração de Experimentos Didáticos de Física Integrados ao Ensino Técnico de Agropecuária da Eafsc*. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa. 2007.
- SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A. Validación de un test para veificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energia interna. Enseñanza de las Ciencia, Barcelona, v. 14, n.1, p. 75-86, 1996.
- SILVEIRA, F. L. da. *Determinando a significância estatística para as diferenças entre médias*. Material produzido em 2006 para os Seminários sobre Métodos Quantitativos promovido pelo Instituto de Física da UFRGS. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes\\_em\\_media.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf)>. Acesso em: 20/12/2013.
- TORRES, C. M; FERRRARRO, N. G; SOARES, P. A. T. *Física Ciência e Tecnologia*. v. 2, 2.ed. Moderna. São Paulo, 2010.
- VASCONCELOS, C. S. *Disciplina consciente e interativa*. 5. ed. São Paulo: Libertad, 1995.
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.
- VYGOTSKY, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

Neste apêndice apresentamos o questionário aplicado aos alunos na forma de pré-teste e pós-teste. As questões aqui expostas têm como base o questionário proposto por Silveira e Moreira (1996), com a adição de questões por nós propostas, as quais seguem assinaladas por asterisco.

NOME:..... TURMA:.....

• O questionário que segue contém 25 questões de múltipla escolha com três alternativas. Cada questão possui uma ou mais alternativas corretas, as quais devem ser respondidas utilizando a grade de respostas abaixo.

01. Associamos a existência de calor:

- a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- b) apenas aqueles corpos que se encontram “quentes”.
- c) a situação nas quais há necessariamente, transferência de energia.

02. Para se admitir a existência de calor:

- a) basta um único sistema (corpo).
- b) são necessários pelo menos dois sistemas.
- c) basta um único sistema, mas ele deve estar “quente”.

03. Calor é:

- a) energia cinética das moléculas.
- b) energia transferida somente devido à diferença de temperatura.
- c) energia contida em um corpo.

04. No interior de um quarto que tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias:

- a) a temperatura dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
- b) a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
- c) nenhum objeto apresenta temperatura.

05. A água (a 0°C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0°C), contém, em relação ao gelo:

- a) mais energia.
- b) menos energia.
- c) a mesma energia.

06. Dois cubos metálicos A e B são postos em contato. O cubo A está mais “frio” do que B. Ambos estão mais “frios” do que o ambiente em que se encontram, onde a temperatura é de 20°C. Após um longo tempo, sabendo-se que o ambiente continua a 20°C, a temperatura final de A e B será:

- a) igual à temperatura ambiente.
- b) igual à temperatura inicial de B.
- c) uma média das temperaturas iniciais de A e B.

07. Duas pequenas placas A e B, de mesmo material e de mesma espessura, são colocados no interior de um forno, o qual é fechado e ligado. A massa de A é o dobro da massa de B. Inicialmente as placas e o forno encontram-se todos à mesma temperatura. Se esperarmos um tempo suficientemente grande, a temperatura de A será:

- a) o dobro de B.
- b) a metade da de B.
- c) a mesma da de B.

08. O que se modifica quando uma porção de água que já está fervendo passa, por ebulição, para o estado de vapor?

- a) A sua energia interna.
- b) O calor contido nela.
- c) A sua temperatura.

09. A energia interna de um corpo pode ser associada com:

- a) calor
- b) energia cinética de átomos e / ou moléculas.
- c) energia potencial de átomos e / ou moléculas.

10. Quando as extremidades de uma barra metálica estão a temperaturas diferentes:

- a) a extremidade cuja temperatura é maior contém mais calor que a outra.
- b) o calor escoa da extremidade que contém mais calor para a que contém menos calor.
- c) há transferência de energia por movimento desordenado de átomos e / ou moléculas.

11. Quando, com o mesmo ebulidor elétrico (“rabo quente”), são aquecidos 100 ml de água e 100 ml de álcool, constata-se que o tempo necessário para elevar de 1°C a temperatura da água é maior do que o tempo necessário para que ocorra o mesmo com o álcool. Isto significa que a água acumula, em comparação ao álcool,

- a) a mesma energia.
- b) mais energia.
- c) menos energia.

12. \* Em um ambiente totalmente fechado e isolado termicamente, uma geladeira em funcionamento é aberta e mantida desta forma por um longo período. Com relação à temperatura do ambiente interno desta sala:

- a) diminui à medida que a porta da geladeira é mantida aberta.
- b) aumenta à medida que a porta da geladeira é mantida aberta.
- c) não altera a temperatura interna do ambiente.

13. Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um “freezer” que se encontra a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Depois de alguns dias pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é:

- a) maior do que a dos objetos de metal.
- b) menor do que a dos objetos de metal.
- c) igual à dos objetos de metal.

14. \* Dois objetos idênticos, um de coloração escura e outro clara, são expostos ao sol por certo tempo e depois colocados a sombra. Nestas situações observamos que:

- a) o objeto escuro se aquece mais rapidamente que o claro.
- b) o objeto claro resfria mais rapidamente que o escuro.
- c) ambos apresentam comportamentos idênticos de aquecimento e resfriamento.

15. \* Quando a temperatura interna de uma geladeira atinge o valor ideal de seu funcionamento, esta se desliga automaticamente, voltando a ligar quando a temperatura se elevar até certo valor. Isto se justifica, pois no seu interior há um:

- a) anemômetro.
- b) pirômetro.
- c) termostato.

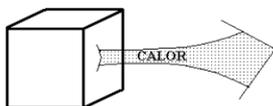
16. \* Ao aquecermos durante certo tempo uma das extremidades de uma barra de metal, observamos que aos poucos toda a barra se aquece. Neste processo ocorre:

- a) transporte de energia e matéria ao mesmo tempo.
- b) apenas transporte de energia.
- c) apenas transporte de matéria.

17. \* Os refrigeradores são máquinas térmicas operando em sentido contrário, assim:

- a) retiram calor de um ambiente frio e rejeitam para um ambiente quente.
- b) retiram calor de um ambiente quente e rejeitam para um ambiente frio.
- c) funcionam sem a existência de calor.

18. Ao observar a figura, e sem dispor de qualquer outra informação, pode-se imaginar que o cubo possui, em relação ao meio que o cerca,



- a) temperatura mais elevada.
- b) mais energia.
- c) mais calor.

19. \* São características de um bom isolante térmico:

- a) baixa condutividade térmica.
- b) alta porosidade.
- c) grande espessura.

20. \* Quando um gás mantido sob alta pressão é liberado para o ambiente através de um pequeno orifício, observamos que:

- a) sua temperatura aumenta.
- b) sua temperatura diminui.
- c) sua temperatura não se altera.

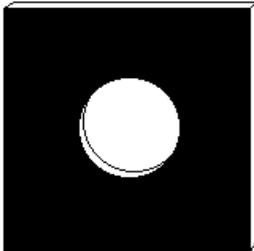
21. Em dois copos idênticos contendo cada um 250 ml de água à temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , são colocados, respectivamente, um cubo de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  e três cubos de gelo a  $0^{\circ}\text{C}$  (cada cubo com aproximadamente 3 ml). Em que situação a água esfria mais?

- a) no copo onde são colocados três cubos de gelo.
- b) no copo onde é colocado um cubo de gelo.
- c) esfria igualmente nos dois copos.

22. \* Uma máquina térmica em funcionamento:

- a) transforma todo o calor recebido de uma fonte quente em trabalho.
- b) transforma parcialmente o calor recebido de uma fonte quente em trabalho.
- c) transforma calor em outras formas de energia.

23. \* Uma chapa metálica com um furo circular em sua parte central é aquecida em uma chama e se expande. O que acontece com o furo localizado nela?



- a) Aumenta de diâmetro.
- b) Diminui de diâmetro.
- c) Não muda.

24. Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno a  $150^{\circ}\text{C}$ . Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Sobre essa situação é correto se afirmar o seguinte:

- a) o calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- b) a esfera de maior massa contém mais calor do que a de menor massa.
- c) não há condições para transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

25. \* Nas Cidades do Rio de Janeiro e Florianópolis que estão ao nível do mar, a água ferve a  $100^{\circ}\text{C}$  e congela a  $0^{\circ}\text{C}$ . Em Cidades como São José dos Ausentes, Bom Jesus e Cambará do Sul, situadas a mais de 1000 metros de altitude, a água:

- a) ferve abaixo de  $100^{\circ}\text{C}$  e congela acima de  $0^{\circ}\text{C}$ .
- b) ferve acima de  $100^{\circ}\text{C}$  e congela abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ .
- c) ferve abaixo de  $100^{\circ}\text{C}$  e congela abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ .

## FOLHA DE RESPOSTAS

ALTERNATIVAS CORRETAS							
	Apenas a)	Apenas b)	Apenas c)	a) e b)	b) e c)	a) e c)	Todas corretas
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							
09							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

SILVEIRA, F.L. da; MOREIRA, M. A. Validación de un test para veificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energia interna. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 14, n.1, p. 75-86, 1996.

## **APÊNDICE B**

Este apêndice contém o texto de apoio produzido como produto educacional deste trabalho, disponível para uso de professores e alunos no estudo sobre Física Térmica, utilizando como objeto de estudo o refrigerador doméstico.

### **O REFRIGERADOR DOMÉSTICO**

## SUMÁRIO

1. Tópicos da história da refrigeração.....	68
2. Isolamento térmico e controle de temperatura.....	73
3. Compressor.....	79
4. Condensador.....	86
5. Filtro Secador.....	90
6. Tubo capilar.....	93
7. Evaporador.....	96
8. Fluido refrigerante.....	100
9. Eficiência energética dos refrigeradores.....	103
9.1. Atividade experimental para determinação da eficiência energética de um refrigerador.....	107
10. Bibliografia.....	110

## **Apresentação**

O presente texto de apoio tem por finalidade apresentar um material didático alternativo, baseado no refrigerador doméstico, para um ensino de Física Térmica a alunos do Ensino Médio do curso Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização, frente à necessidade de construção de uma proposta curricular integradora entre o conhecimento físico formalizado e sua contextualização no âmbito tecnológico, em consonância com as demais disciplinas da formação técnica que integram o corpo do curso.

A reorganização curricular voltada a desenvolver competências e habilidades de reconhecimento, organização, interpretação, aplicabilidade e evolução do conhecimento, pressupõe o abandono das práticas discursivas de transferência de conhecimentos acabados, e a reelaboração e criação de processos que instigam a pensar, pesquisar, modelar e planejar ações transformadoras no meio profissional e social.

A formação de trabalhadores com capacidade de inovar, de identificar problemas, encontrar as suas soluções e capaz de implementá-las é, assim, um imperativo para o desenvolvimento econômico, além de ser condição necessária para a construção de uma sociedade democrática. Essas demandas de formação do trabalhador põem como desafio para os educadores a transformação dos currículos e metodologias de ensino em vigor nas instituições escolares (BRIAN, 1993, p.55).

É importante salientar que não se trata de maneira alguma, de uma abordagem restrita e simplória da Física, com abordagem apenas do funcionamento do equipamento, mas muito pelo contrário, trata de um ensino contextualizado e significativo, construído observando os conhecimentos prévios dos alunos, e consolidado não pela imposição, mas sim pelo confronto de idéias, constatações e pesquisas.

Destaco ainda que, mesmo o texto tendo sido produzido visando alunos do curso técnico integrado em refrigeração e climatização, acreditamos que com algumas adaptações este possa ser utilizado para o ensino de Física Térmica a alunos do Ensino Médio normal.

## **1. Tópicos da história da refrigeração.**

A geladeira inventada na metade do século XIX mudou os hábitos alimentares do mundo e agora é peça fundamental em qualquer ambiente doméstico.

No início do século XIX a possibilidade de usufruir de gelo para conservar alimentos, resfriar bebidas ou o conforto térmico de ambientes era algo bastante raro, pois não eram dominadas as técnicas de sua fabricação e conservação. Tudo isso começa a mudar com John Gorrie, devotado médico americano que passou boa parte da vida interessado em melhorar as condições de seus pacientes, na maioria marinheiros sofrendo de febre amarela, que eram tratados em seu hospital. Gorrie, nascido em Charleston, Carolina do Sul, em 1803, tinha se mudado aos 30 anos para a cidade portuária de Apalachicola, Flórida, conhecida por seu clima extremamente quente e úmido. A partir de 1838, ele teve a idéia de pendurar sacos de gelo nas salas do hospital, para tornar mais ameno o ar que seus pacientes respiravam (REVISTA SUPER INTERESSANTE, n.15, 1988).

Conseguir gelo em quantidade suficiente e durante todo o ano era uma tarefa difícil de ser cumprida pela dificuldade de armazenamento. Alguns comerciantes da época tentavam conservar em silos isolados com serragem, o gelo de lagos e rios congelados durante o inverno, para poder vendê-lo durante o verão nas cidades mais quentes. Mas além da distribuição ser irregular, as quantidades disponíveis eram insuficientes diante das necessidades de consumo. Outro ponto desfavorável deste comércio era o preço exageradamente alto pago pelo gelo, que custava próximo de três dólares ao quilograma. Diante desta situação, em 1850 Gorrie resolve utilizar seus conhecimentos físicos para construir uma máquina a vapor que seria capaz de produzir o frio artificial e, por consequência, gelo.

A máquina de Gorrie consistia em um pistão que se movimentava dentro de um cilindro. O pistão comprimia e expandia alternadamente vapor de água, que por sua vez roubava calor do meio externo, onde estava um recipiente contendo a mistura de água e sal, passando do estado líquido ao gasoso. Quando a água salgada parava de ceder calor ao vapor, ambos se resfriavam, e este então era liberado no ambiente. Neste ponto, a água salgada era utilizada para solidificar uma nova quantidade de água doce, produzindo gelo. Assim, de uma só vez Gorrie tinha inventado o condicionador de ar e a geladeira.

Sua engenhoca gerou o primeiro aparelho de refrigeração comercialmente viável do mundo. A apresentação de seu invento ao público ocorreu no dia 14 de julho de 1850, dia em que os franceses comemoram a queda da Bastilha. Todos os anos neste dia, o Cônsul da França dava uma grande festa em Apalachicola, sempre regado com muito Champanhe francês. Mas, ao contrário dos anos anteriores, nem um navio trazendo gelo para a festa chegou à cidade, e o cônsul estava um tanto frustrado em ter que servir a bebida morna. Foi então que Gorrie e mais quatro empregados entraram no salão levando bandejas de prata com tijolos de gelo para brindarem juntamente com os convidados.

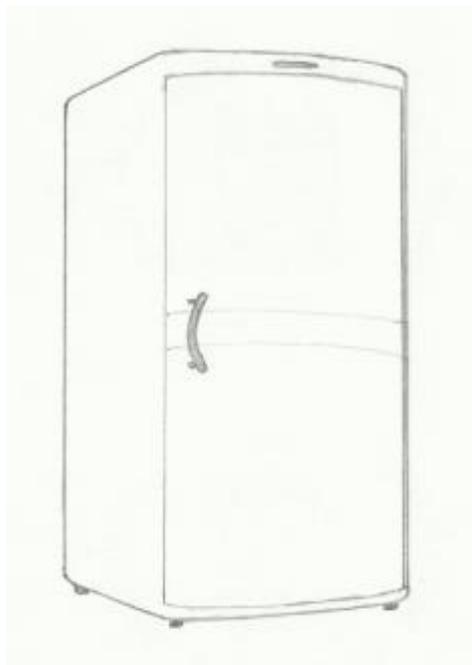
A máquina de Gorrie, da qual obteve a patente, forneceu o mecanismo de funcionamento que até hoje utilizamos em nossos refrigeradores, com a diferença essencial de que, com o advento da eletricidade, o sistema deixou de ser movido por uma máquina a vapor, substituída pelo motor elétrico. Mas, o impressionante invento e a magnífica apresentação não foram suficientes para que os bancos da época financiassem a Gorrie, a construção de uma fábrica, para produzir uma máquina capaz de fabricar uma tonelada de gelo ao custo de dois dólares em qualquer parte do mundo, como afirmava Gorrie, que morreu em 1855, pobre e desacreditado, pouco antes de ver seu sistema se espalhar pelo mundo.

As primeiras utilizações da máquina de Gorrie foram em 1880 em navios mercantes da Inglaterra que, nesta época, estava mergulhada numa grave crise de abastecimento, tendo que substituir por carne o carregamento normal de sebo e lã de carneiro provenientes da Austrália. Mas, atravessar quase meio mundo com uma carga perecível como essa era ainda algo inimaginável. Em 1879, Thomas Mort e James Harrison, que haviam se instalado na Austrália para encontrar uma solução para o problema, enviam o navio S.S. Norfolk, com 20 toneladas de carne resfriada com uma mistura de água e sal. A carga, porém, não suportou a longa trajetória e chega deteriorada à Inglaterra. Somente um ano depois, quando o sistema de Gorrie foi utilizado a bordo do S.S. Strathleven, este pôde aportar em Londres com a carga em boas condições.

No final do século XIX, o "gelo artificial", como era conhecido, se tornou comum por toda a Europa, e passou a ser utilizado nas mais diversas atividades da indústria. Na Alemanha, o cervejeiro Gabriel Seld Mayr, dono da renomada Spaetenbrau de Munique, encomendou ao amigo e talentoso engenheiro alemão Carl Von Linde, uma máquina refrigeradora que permitisse a fabricação da cerveja o ano

inteiro e não só nos meses de inverno, pois o processo adotado exigia semanas de fermentação a temperaturas próximas a zero grau Celsius. Von Linde aperfeiçoou a invenção de Gorrie e substituiu o vapor de água por amônia. No novo processo, quando o gás é comprimido, torna-se líquido, sendo então forçado a circular por um condensador, que nas geladeiras modernas forma uma grade preta localizada na parte de trás, onde cede o calor absorvido na expansão.

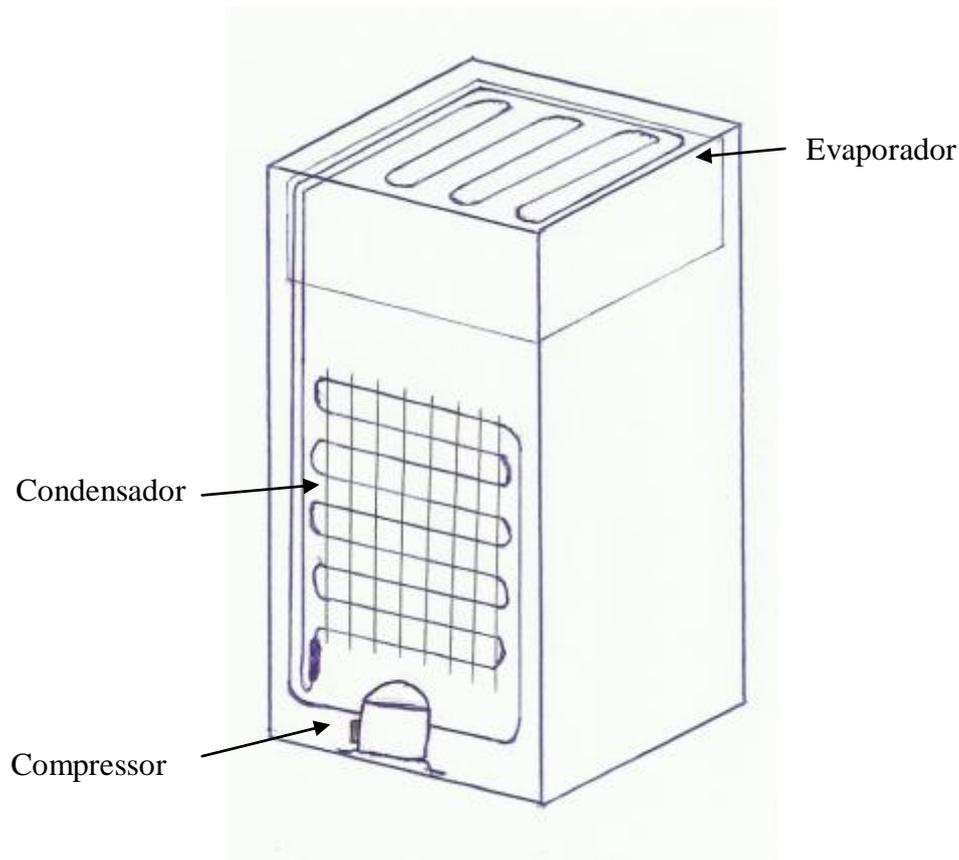
Circulando pelo sistema, a amônia atravessa uma válvula de evaporação, como as que existem nos dispositivos sprays, que diminui a pressão exercida e faz com que ela passe novamente para o estado gasoso. Nesse momento, as moléculas de amônia em expansão precisam de mais calor para se movimentar num espaço maior. O calor é obtido do compartimento interno da geladeira, que assim acaba por resfriar-se. O vapor chega então ao compressor e o processo recomeça. A utilização da amônia possibilitou uma redução significativa no tamanho dos sistemas, possibilitando e facilitando a construção de refrigeradores domésticos.



**Figura 01: Geladeira doméstica.**

O sistema de Von Linde, ainda hoje é o mais utilizado, embora a amônia tenha sido substituída na década de 1920 pelo composto clorofluorcarbono (CFC), que tem o mesmo rendimento, não é tóxico para o homem, mas descobriu-se há pouco tempo que destrói a camada de ozônio que protege a Terra dos raios solares ultravioleta. Ainda neste período surgiram as famosas geladeiras a querosene. O combustível aquecia uma mistura de água com amônia. Essa se desprendia, sendo forçada, em estado gasoso, a

passar por uma serpentina, num processo semelhante ao anterior. Da evolução da geladeira, surgiram os freezers, que mantêm o alimento congelado a temperaturas inferiores a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 02: Sistema de refrigeração de uma geladeira.**

No Brasil, os pioneiros da refrigeração foram Guilherme Holderegger e Rudolf Stutzer que, no ano de 1947 em uma pequena oficina na cidade de Brusque em Santa Catarina, construíram o primeiro aparelho movido a querosene. De 1947 a 1950, tinham fabricado, na oficina em Brusque 31 aparelhos, quando então surge um novo personagem, Wittich Freitag, um comerciante bem sucedido da cidade de Joinville, que convence os dois a montarem uma fábrica. Fechada a sociedade, em 15 de julho de 1950 entra em operação a Consul, primeira fábrica de refrigeradores do Brasil, na cidade de Joinville.

As geladeiras a fogo como são conhecidas, utilizam amônia como meio de resfriamento e possuem cinco partes principais: o gerador, gerando gás de amônia; o separador, separando o gás de amônia da água; o condensador, onde o gás de amônia quente é resfriado e condensado para criar amônia líquida; o vaporizador, onde a

amônia líquida evapora para criar baixas temperaturas dentro da geladeira e o absorvedor, que absorve o gás de amônia da água.



**Figura 03: Sistema de refrigeração por absorção de geladeira a querosene da empresa Consul da década de 1960.**

A utilização de querosene ou gás de cozinha como fonte primária de energia, em que uma chama é a fonte de calor, permitiu a produção do frio e o funcionamento de refrigeradores, em uma época onde a eletricidade não fazia parte da maioria das residências.

#### **Questionário:**

• **Com base no texto acima apresentado, busque pesquisar, discutir e questionar, colegas e professor sobre as questões propostas para a aula.**

1. A criação dos sistemas mecânicos de refrigeração deu-se preferencialmente pela necessidade da conservação de alimentos por um período maior do que naturalmente ocorre. Como o frio ajuda na conservação de alimentos como carne, leite e frutas?

2. Como podemos explicar o fato da água salgada permanecer líquida a temperaturas de até  $-21^{\circ}\text{C}$ , a ponto desta mistura ter sido utilizada como fluido refrigerante nos primeiros refrigeradores?

3. No texto fala-se da mudança do estado físico do fluido refrigerante em função da alteração da pressão a que está submetido. Como se explica o fato da variação da pressão poder alterar o estado físico de uma substância?

4. Como podemos definir os conceitos físicos de calor e temperatura, e que relação existe entre eles?

5. No contexto histórico da evolução dos refrigeradores, observamos uma alteração nas fontes de energia utilizadas para o funcionamento dos mesmos ao longo do tempo. Com relação ao uso destas fontes energéticas, aponte aspectos positivos e negativos da substituição das geladeiras que operam com calor proveniente de uma chama e das que utilizam eletricidade.

6. Que diferenças existem entre uma determinada temperatura e a sensação térmica de quente e frio?

7. Quais as escalas termométricas mais utilizadas no mundo e que relação de equivalência existe entre elas?

8. Um dos grandes problemas da manutenção do frio em ambientes fechados está no fato de evitar a transmissão de calor. Que características devem apresentar os materiais utilizados no isolamento térmico de um sistema refrigerado?

## **2. Isolamento térmico e controle de temperatura.**

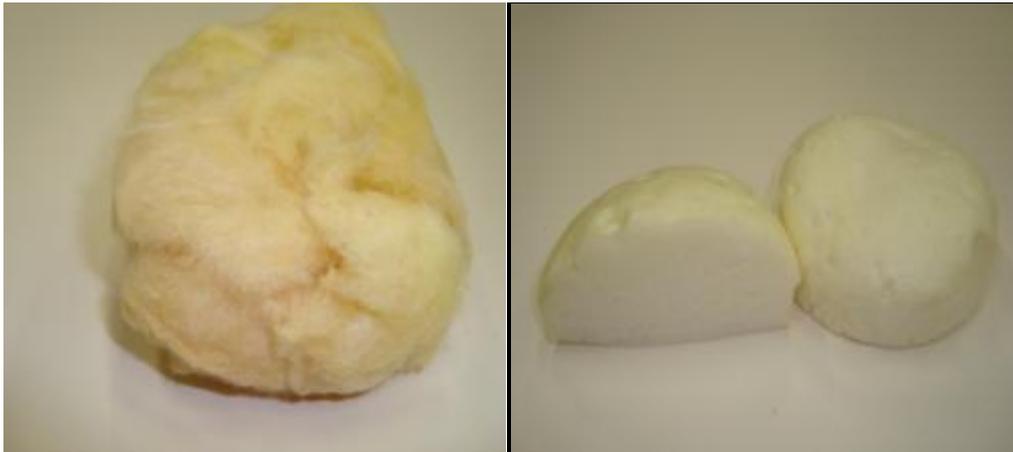
Um isolante térmico é qualquer material que, localizado entre dois ambientes a temperaturas diferentes, retarda de maneira considerável a transferência de calor do ambiente mais quente para o mais frio.

Na refrigeração, o isolamento térmico está diretamente relacionado com a eficiência do sistema e, por sua vez, com a economia de energia. A utilização de materiais com baixa condutividade térmica, pouca densidade, boa resistência mecânica, não inflamável, baixa permeabilidade ao vapor de água, fácil obtenção e baixo custo, constituem as características observadas na escolha de um bom isolante (SENAI, 1997).

A função do isolamento térmico é dificultar a transferência de calor do ambiente externo para o interior do refrigerador. Daí a necessidade de se fazer o isolamento térmico com material poroso, para que o ar atmosférico retido nos orifícios ou pequenos buracos do material isolante dificulte a transferência de calor. Nesta

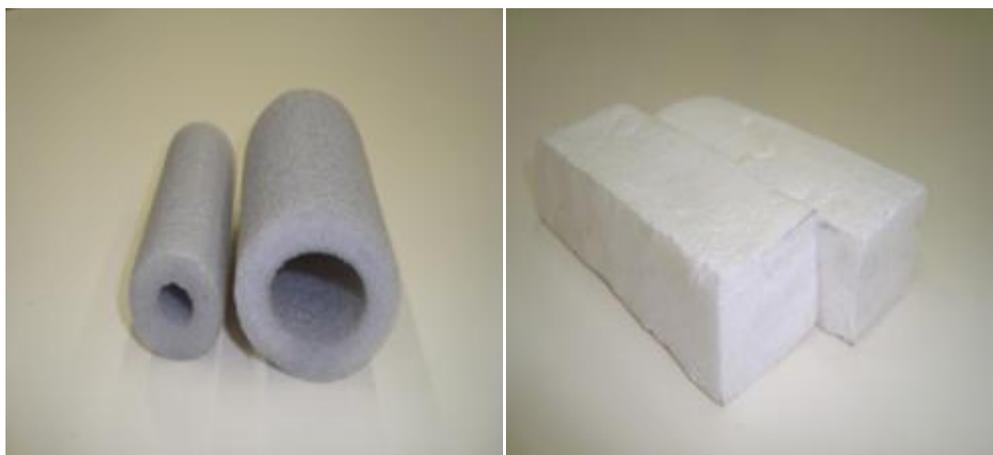
condição, dizemos que o ar é mau transmissor de calor, por apresentar baixa condutividade térmica.

O isolante nos refrigeradores está posicionado entre o gabinete externo e o interno. E geralmente é constituído de lã de vidro, lã de rocha ou poliuretano expandido. Normalmente usa-se lã de vidro ou lã de rocha quando a caixa interna é de chapa esmaltada. Já o poliuretano expandido é usado em caixas internas formadas de chapas plásticas.



**Figura 04: Lã de vidro – Espuma de poliuretano expandido.**

Antigamente utilizava-se palha de arroz, cortiça, serragem, fibra de madeira aglomerada e até papelão ondulado como isolante térmico. Hoje na maioria dos aparelhos de refrigeração usa-se o poliuretano expandido injetado. Este processo permite obter, com camadas de isolante de pequena espessura, mais rigidez no gabinete, mais espaço interno no refrigerador e um isolamento térmico mais eficiente que no passado.



**Figura 05: Espuma de poliestireno - Isopor.**

**Tabela 01: Condutividade térmica de alguns materiais a 27°C (NETO, 2010, p.6).**

<b>Material</b>	<b>Condutividade térmica</b> $\left(\frac{W}{m \cdot K}\right)$
Prata	426
Cobre	398
Alumínio	237
Tungstênio	178
Ferro	80
Vidro	0,72 – 0,86
Gelo	2,0
Água	0,61
Madeira	0,08 a 0,16
Lã de vidro	0,04
Espuma de poliestireno	0,033
Ar	0,026
Espuma de poliuretano	0,020
Isopor	0,01

Um dos grandes problemas enfrentados pelos isolantes porosos é o aparecimento de umidade no seu interior com o passar do tempo, o que pode reduzir consideravelmente seu poder isolante. De maneira geral, para cada 1% de concentração em massa de umidade no isolante sua condutividade térmica aumenta de 1 a 3% (PIRANI, 2009). Mais ainda, caso o vapor de água presente no ar alcance o seu ponto de orvalho no interior do isolante, pode provocar sua condensação e, na sequência, um possível congelamento do isolante.

O principal fator que provoca a penetração de umidade no interior do isolante deve-se ao fato da pressão na parte interna, próxima às partes frias, ser menor que no exterior do material. Desta forma, o ar atmosférico carregado de vapor de água pela umidade relativa do ar tende a migrar para o interior dos orifícios do isolante, de maneira semelhante ao fluxo de calor que ocorre sempre em sentido descendente.

A umidade relativa do ar é a relação entre a umidade absoluta, que significa a quantidade de vapor de água existente no ar, e o ponto de saturação, que é a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura. O valor da umidade relativa do ar expresso em porcentagem indica a proporção de vapor de água presente no ar, cujo

valor máximo é 1% da umidade absoluta para condições até a temperatura de saturação. Assim, quando a umidade absoluta do ar for de 0,7%, dizemos que a umidade relativa do ar é de 70%.

A determinação do tipo de isolante e sua espessura relacionam-se com a capacidade frigorífica do aparelho. O cálculo leva em consideração a diferença entre a temperatura externa e interna do refrigerador, área de superfície externa, volume interno, tipos de alimentos, frequência de abertura da porta e movimentação dos produtos armazenados, condições climáticas e outros.

A tabela a seguir, obtida por meio de ensaios, mostra a perda de energia térmica mensal em kWh em função da espessura das paredes de uma geladeira com 145 cm de altura, 50 cm de largura e 40 cm de profundidade, área com troca térmica de 3,01 m<sup>2</sup>, diferença de temperatura entre a parte interna e externa de 25°C e material isolante de condutividade térmica de 0,025 W/(m . K) (FURUKAWA, 1999).

**Tabela 02: Perda térmica mensal média em função da espessura das paredes de uma geladeira (FURUKAWA, 1999, p.189).**

Espessura das paredes (cm)	Perda térmica mensal (Kwh)
2	66,86
2,5	55,13
3	46,90
4	36,12
5	29,37
6	24,74
7	21,38
10	15,18
15	10,24
20	7,72
30	5,18
50	3,12
70	2,23
100	1,57

Um dos dispositivos de controle de temperatura em aparelhos cujo funcionamento está relacionado com alterações da temperatura ambiente são os termostatos. Este é um dispositivo de controle automático de temperatura com várias aplicações em aparelhos de refrigeração e climatização. Dependendo do aparelho em que está instalado, cada termostato tem calibragem específica. Assim, a calibragem do termostato do refrigerador convencional é diferente daquela de um freezer.



**Figura 06: Termostato a gás.**

Nas geladeiras ou freezers normalmente o termostato vem instalado do lado direito do gabinete interno ou no console, na parte externa do refrigerador.



**Figura 07: Controle do termostato de uma geladeira.**

O princípio de funcionamento do termostato é o da contração e dilatação de um corpo, que pode ser gás, placa bimetálica ou sensor eletrônico. Neste sentido, ele age

como um termômetro, com a diferença de que o termostato não é um simples instrumento de medida de temperatura, mas um equipamento mais complexo.

Além de ser sensível às variações de temperatura, é capaz também de ligar e desligar automaticamente o circuito elétrico do aparelho, conforme a variação da temperatura no ponto em que a extremidade do bulbo está em contato com o evaporador. Deste modo, garante a manutenção da temperatura adequada no refrigerador.

Como ocorre com o termômetro, a extremidade do bulbo constitui a parte sensível do termostato, pois nele se concentra o elemento que se expande ou se contrai de acordo com a variação de temperatura. Por essa razão, esta parte sensível deve ser instalada de maneira que fique em contato com o congelador que é a parte fria do sistema.

Assim, quando a temperatura do compartimento refrigerado sobe acima da temperatura adequada, a dilatação térmica força o termostato ligar o compressor. Este, por sua vez, permanece ligado até que a temperatura do compartimento refrigerado atinja o valor da regulagem do termostato quando este, então, desliga o sistema.

Para exemplificar, vamos considerar um termostato programado para atuar numa faixa de  $3^{\circ}\text{C}$  a  $-12^{\circ}\text{C}$ . Neste caso, quando a temperatura do congelador atinge  $3^{\circ}\text{C}$ , através do bulbo que está no evaporador ele liga o compressor e quando a temperatura do congelador alcança  $-12^{\circ}\text{C}$  ele desliga o circuito elétrico, parando o compressor.

## **Questionário**

1. Na refrigeração, a condutividade térmica dos materiais utilizados na fabricação dos sistemas representa um dos fatores mais importantes a ser observado em função da sua eficiência. Destaque como bons e maus condutores térmicos podem contribuir para o bom funcionamento de um refrigerador.

2. Explique por que a eficiência energética dos refrigeradores e, por sua vez, o consumo de eletricidade, dependem diretamente da condutividade térmica dos materiais utilizados na sua fabricação?

3. No congelador das geladeiras é comum a formação de gelo, que deve ser removido periodicamente por impedir a transferência de calor do ambiente interno para

o fluido refrigerante. Como explicar o fato que este gelo funciona como um isolante térmico?

4. Explique quais as formas que o calor pode ser transferido de um corpo para outro?

5. Em que situações podemos perceber a existência de diferença na capacidade de transmissão de calor de um material para outro?

6. A presença de vapor de água no isolamento térmico de um refrigerador diminui sensivelmente sua capacidade de isolamento. Por que a presença de umidade no interior dos isolantes diminui ou destrói os isolantes térmicos e como o vapor de água consegue penetrar nas camadas mais internas do isolante?

7. Nas geladeiras e freezers o que é que faz com que eles liguem e desliguem sozinhos?

8. Os termostatos são os dispositivos de controle de temperatura nos refrigeradores, que por meio de lâmina bimetálica ou pela expansão e contração de um gás, aciona um interruptor, ligando ou desligando o compressor. O que ocorre em nível molecular que provoca a dilatação ou contração térmica dos materiais quando submetidos à variação de temperatura?

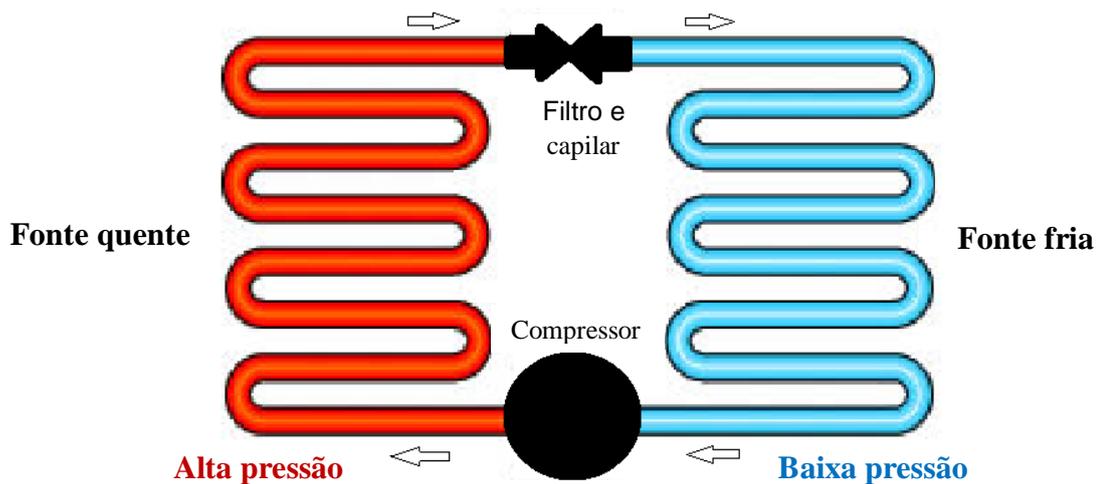
9. Que fatores interferem na dilatação térmica de um material?

10. Comente sobre o que ocorre com a densidade da grande maioria dos materiais à medida que sua temperatura aumenta?

### **3. Compressor**

O compressor é um dos principais componentes do sistema básico de refrigeração e é responsável pela sucção e compressão do fluido refrigerante, possibilitando a sua circulação, por toda a unidade selada a fim de promover a refrigeração.

Os compressores ou motocompressores, geralmente, estão localizados na parte inferior traseira dos equipamentos e apresentam o formato de um “balão preto”, onde estão ligados aos demais componentes por meio de passadores com tubos.



**Figura 08: Representação do ciclo de um refrigerador.**

Basicamente, os compressores herméticos são constituídos de três partes distintas, que são: uma carcaça de aço estampado, um sistema mecânico ou compressor propriamente dito e um sistema elétrico que compreende um motor elétrico e vários dispositivos (SENAI, 1997).



**Figura 09: Compressor de geladeira.**

A carcaça é o invólucro em que o compressor se encontra embalado e apresenta em sua parte inferior uma base de fixação com amortecedores de borracha que minimizam a vibração durante o funcionamento.

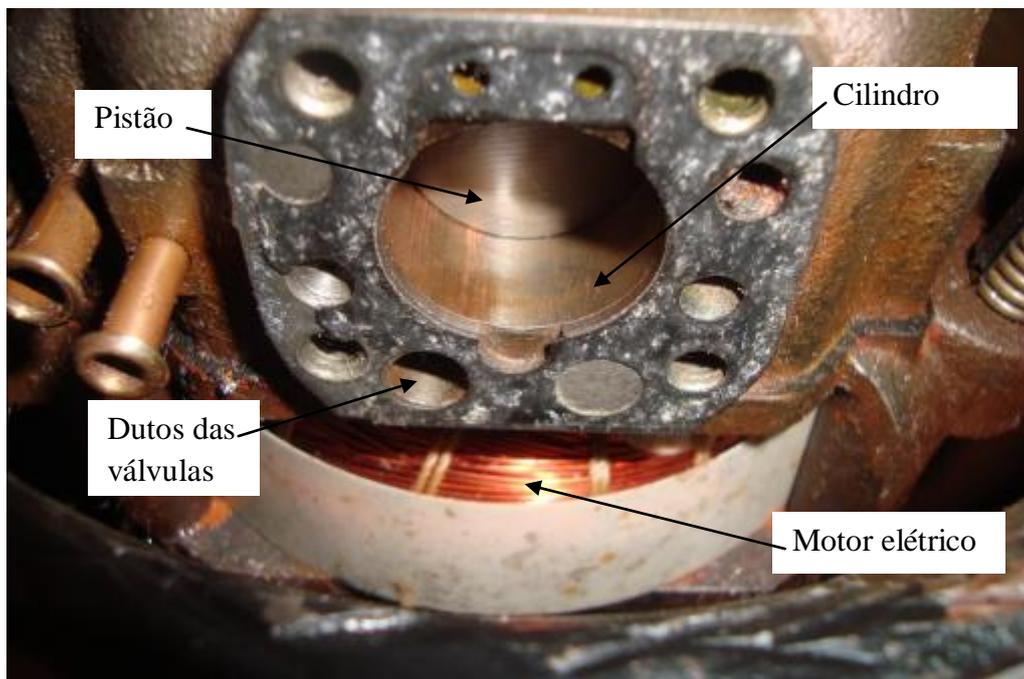
O sistema mecânico corresponde ao compressor propriamente dito é formado por um conjunto de componentes cuja função é promover a aspiração e compressão do fluido refrigerante em forma de vapor. Nos compressores herméticos, que são os que compõem os refrigeradores domésticos, este sistema é formado por: cilindro; pistão; cruzeta ou biela; eixo excêntrico; placa de válvulas; válvulas; cabeçote e passadores de

tubos. Tudo isso suspenso por molas presas no interior da carcaça e lubrificado por óleo a fim de minimizar o atrito, reduzindo o aquecimento e o desgaste prematuro do conjunto.

Os óleos lubrificantes utilizados na refrigeração apresentam algumas características especiais como viscosidade estável em relação a alterações de temperatura. O óleo deve ter uma característica que permite a ele, quando submetido a altas temperaturas, que não afine demais diminuindo a camada protetora; ou que se torne pastoso quando submetido a baixas temperaturas.

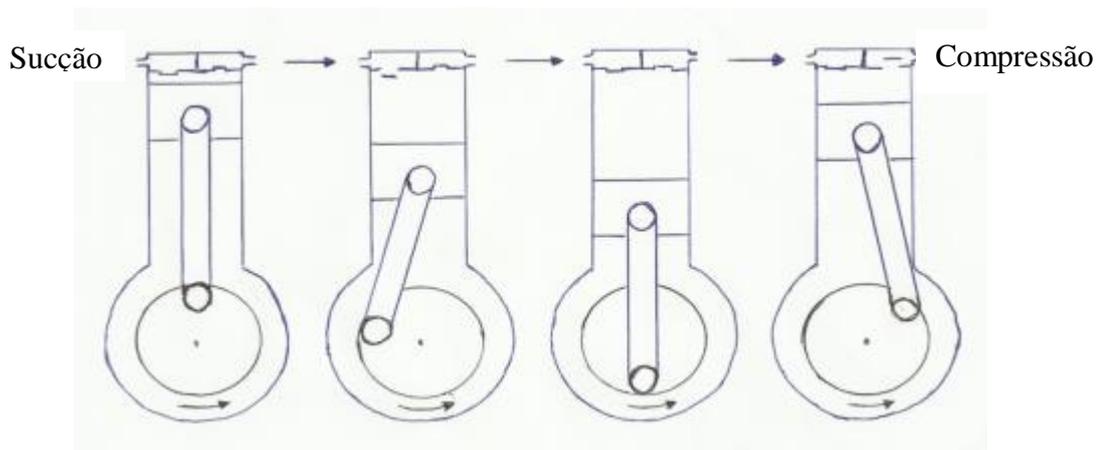
Os óleos devem ter reduzida decomposição através das altas temperaturas de trabalho, o que evita a carbonização do óleo, cujos resíduos podem provocar a obstrução do sistema e principalmente das placas de válvulas. Da mesma forma, quando submetidos a baixas temperaturas não devem apresentar floculação da cera contida em sua composição o que, em se depositando no evaporador, reduz a transferência de calor.

Outro aspecto relevante refere-se ao teor de umidade presente no óleo, o qual deve ser o mínimo possível, a fim de evitar formação de sedimentos, ácidos ou mesmo congelamento da umidade no interior do sistema.



**Figura 10: Visão interna do motocompressor.**

O pistão, o cilindro e a biela ou cruzeta formam uma peça única. Quando em funcionamento, o pistão se movimenta alternadamente para frente e para trás, realizando a sucção e compressão do fluido refrigerante gasoso. O movimento do conjunto é realizado por um eixo excêntrico acoplado ao rotor de um motor elétrico.



**Figura 11: Representação do movimento do pistão do compressor.**

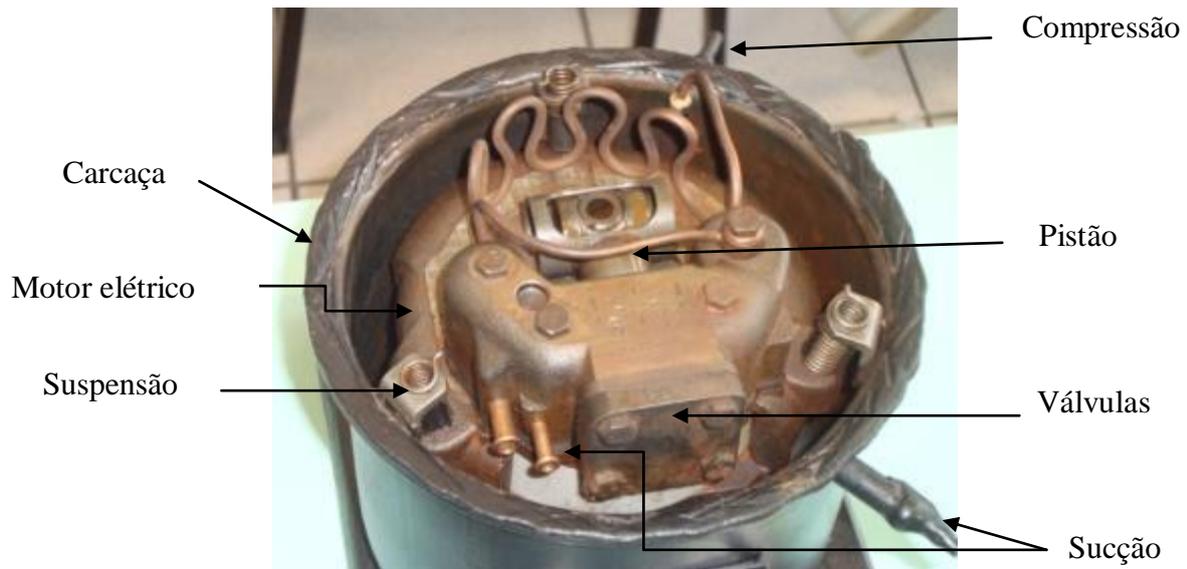
No cabeçote está localizada a placa de válvulas que apresenta duas divisões: a admissão, que realiza o controle da sucção destinada à entrada do fluido refrigerante que vem do evaporador e a de descarga, que realiza a compressão em direção ao condensador. Assim, quando o pistão comprime o fluido em forma de vapor, a válvula de sucção fecha e a de descarga abre. Na sucção ocorre o movimento inverso, a válvula de descarga fecha e a de sucção abre.



**Figura 12: Válvulas de sucção e descarga.**

Os vídeos [www.youtube.com/watch?v=ZqPyMTpQYZY&NR=1m](http://www.youtube.com/watch?v=ZqPyMTpQYZY&NR=1m) ; [www.youtube.com/watch?v=nA-XbfxqgRo&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=nA-XbfxqgRo&feature=related) demonstram o funcionamento de um motocompressor de uma geladeira doméstica.

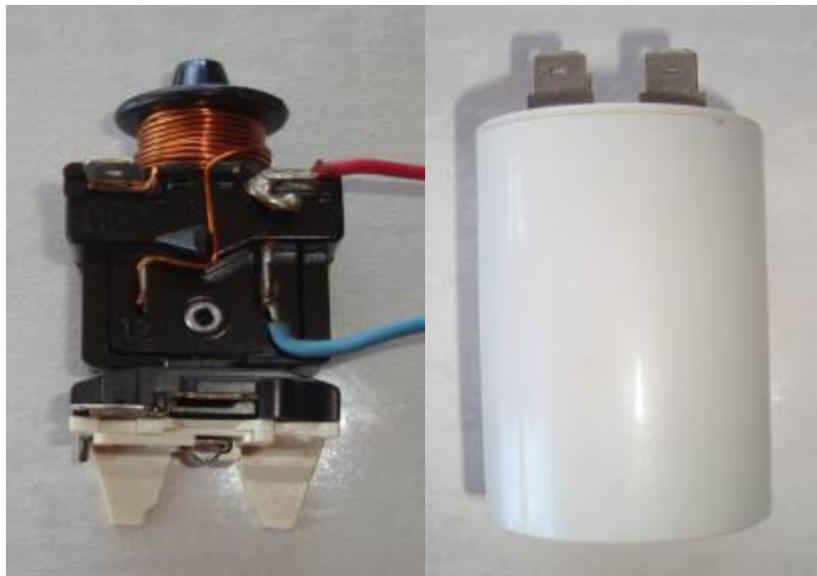
Do lado de fora da carcaça, estão localizados os passadores de tubos, cujo número varia de acordo com o modelo do compressor. Nestes estão conectados e soldados os tubos que permitem a entrada e a saída do fluido refrigerante, além de permitirem a conexão de bomba de vácuo ou a recarga de fluido refrigerante.



**Figura 13: Compressor de geladeira aberto.**

O sistema elétrico tem a função de colocar o compressor em movimento, mantendo-o funcionando em condições adequadas. Este sistema é constituído de um motor elétrico, capacitor de partida, relé de partida e protetor térmico.

O relé de partida é um dispositivo eletromagnético que liga e desliga o enrolamento auxiliar do motor, responsável por aumentar o torque inicial do motocompressor cuja energia elétrica extra é fornecida pelo capacitor de partida.



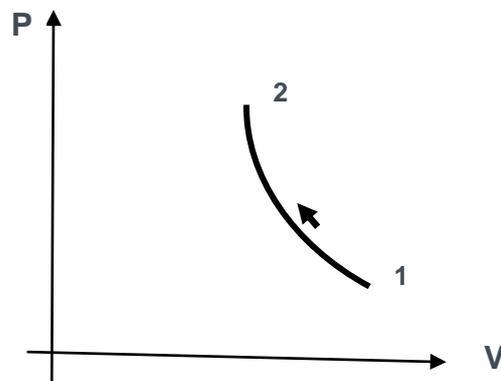
**Figura 14: Relé e capacitor de partida.**

O compressor é o elemento do sistema termodinâmico que realiza trabalho sobre o gás refrigerante, forçando-o a realizar as trocas térmicas entre o meio refrigerado e o ambiente externo. O ciclo de funcionamento pode ser descrito por aproximação em duas transformações adiabáticas e duas isotérmicas.

O movimento de compressão sobre o refrigerante pode ser considerado uma transformação adiabática devido à rapidez com que ocorre. Desta forma, o trabalho realizado pelo compressor equivale à variação da energia interna, uma vez que não há trocas de calor com o ambiente (GREF, 1998).

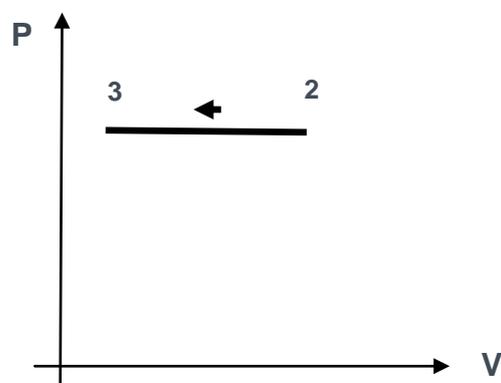
O ciclo teórico de funcionamento de um sistema de refrigeração pode ser descrito por quatro momentos:

O movimento de compressão do pistão sobre o refrigerante, proveniente do evaporador, produz neste, uma transformação aproximadamente adiabática, absorvendo um trabalho mecânico e comprimindo o fluido até atingir a pressão de condensação. Ao sair do compressor com temperatura superior a de condensação, o vapor superaquecido é transferido para o condensador.



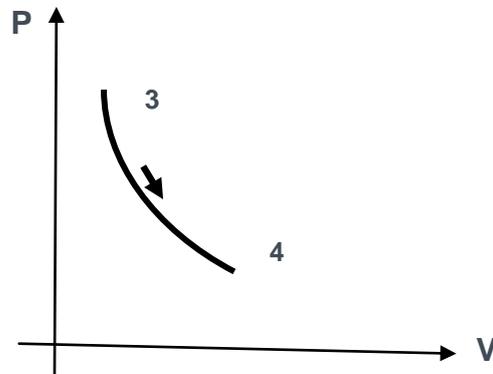
**Gráfico 01: Diagrama pressão x volume.**

Ao entrar no condensador, o refrigerante vaporizado e superaquecido oriundo do compressor, rejeita calor para o ambiente externo do refrigerador (fonte quente), atingindo isobaricamente a temperatura de saturação e a posterior condensação do fluido.



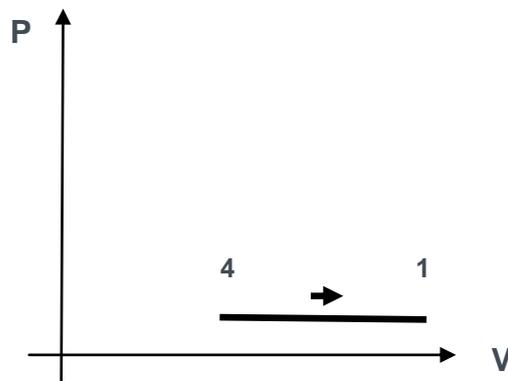
**Gráfico 02: Diagrama pressão x volume.**

Saindo do condensador, o fluido liquefeito é forçado a passar pelo estrangulamento do tubo capilar ou válvula de expansão, chegando ao evaporador; ali o vapor condensado é expandido bruscamente, diminuindo a pressão a que estava submetido.



**Gráfico 03: Diagrama pressão x volume.**

No evaporador, o líquido refrigerante já parcialmente vaporizado na válvula de expansão sofre sua total vaporização, absorvendo calor da parte interna do refrigerador (fonte fria). Ao ser sugado pelo compressor o refrigerante a baixa pressão fecha o ciclo termodinâmico.



**Gráfico 04: Diagrama pressão x volume.**

### Questionário

1. O compressor é o componente do sistema de refrigeração que realiza trabalho sobre o fluido refrigerante, forçando-o a circular por todo o sistema. Qual a origem da energia transferida ao fluido pelo compressor?
2. Os refrigeradores são máquinas térmicas semelhantes aos motores dos automóveis ou caminhões. Que diferenças podem perceber entre o sistema

termodinâmico que permite o funcionamento dos carros e o que é utilizado nos refrigeradores?

3. Durante o funcionamento do compressor é possível perceber que este se aquece em função do atrito dos componentes internos e a resistência elétrica dos elementos do motor. Como esta energia dissipada na forma de calor interfere na eficiência energética do sistema termodinâmico?

4. Dentre as transformações que os gases podem sofrer, comente sobre as características das transformações isotérmicas, isobáricas e isométricas.

5. Levando em consideração a transformação gasosa ocorrida durante a compressão adiabática, esboce os gráficos de pressão x volume e pressão x temperatura.

6. No interior do compressor hermético existe óleo lubrificante que é responsável por reduzir o atrito dos componentes internos. Como a utilização deste lubrificante reduz o consumo de eletricidade e aumenta a durabilidade do compressor?

7. Durante a compressão adiabática o refrigerante sob alta pressão sofre um aumento de temperatura, sendo transferido para o condensador onde rejeita calor ao ambiente. Processo inverso ocorre na sucção, onde o refrigerante resfriado é tragado a baixa pressão. Que relação pode ser estabelecida entre a compressão e a expansão adiabática, com a variação da energia interna do fluido refrigerante?

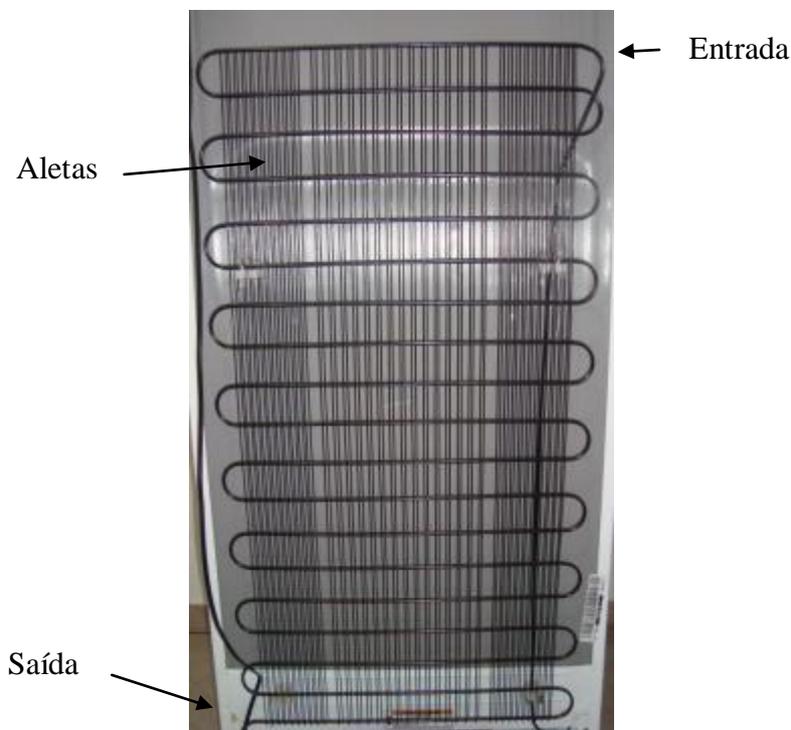
8. Nas leituras de pressão ao longo do sistema de refrigeração são utilizados manômetros de alta e baixa pressão. Como funcionam estes dispositivos e que unidades de medida geralmente são empregadas nestas leituras?

9. Na refrigeração é comum utilizarmos diferentes unidades de medida de calor como, calorias, joules e BTUs. Pesquise e comente sobre o significado de cada uma delas e a sua relação de equivalência.

#### **4. Condensador**

O condensador tem por finalidade esfriar e condensar o vapor superaquecido, proveniente da compressão. Esta operação é feita transferindo calor do fluido refrigerante aquecido, para o ambiente externo do refrigerador (fonte quente), usando-se para isto uma corrente de ar (COSTA, 1982).

A estrutura física do condensador é planejada e dimensionada com a finalidade de facilitar a transferência de calor e a mudança de estado físico do refrigerante. São construídos em aço cobreado ou alumínio, e curvados em forma de serpentina fixada a chapas de aço ou aletas, que aumenta a área de troca de calor.



**Figura 15: Condensador de geladeira doméstica.**

Nos refrigeradores ou resfriadores, o condensador geralmente se localiza na parte externa traseira do gabinete. Em alguns modelos, apresenta-se incorporado ao gabinete, localizando-se entre a chapa externa e a placa de isolamento térmico. Em outros, ainda, o condensador se encontra embutido na parte inferior do refrigerador. Independente da sua localização, a função do condensador é sempre a mesma, efetuar a mudança de fase do refrigerante, fazendo com que passe de vapor para líquido.

**Tabela 03: Parâmetros de projeto e operacionais sobre as características da serpentina e a capacidade de refrigeração (JABARDO e STOECKER, 2002, p.131).**

<b>Parâmetros aumentados</b>	<b>Capacidade de Refrigeração</b>
Área de face	Aumenta
Nº de fileiras	Aumenta
Espaçamento entre aletas	Aumenta
Vazão de ar	Aumenta
Temperatura do refrigerante	Diminui

Para que o refrigerante passe de vapor para líquido, o condensador necessita de um meio de resfriamento que permita a transferência de calor do refrigerante superaquecido. Em geral, o meio utilizado para que o resfriamento ocorra é o ar. Uma corrente de ar movida por convecção natural ou forçada por um ventilador atravessa o condensador por diferença de pressão e densidade, resfriando e condensando o refrigerante.

**Tabela 04: Temperatura de fusão e ebulição de alguns refrigerantes a pressão atmosférica normal (JABARDO e STOECKER, 2002, p.277).**

<b>Refrigerantes</b>	<b>Temperatura de ebulição (°C)</b>	<b>Temperatura de fusão (°C)</b>
R-11	23,8	-111
R-12	-29,8	-158
R-13	-81,4	-181
R-22	-40,8	-160
R-32	-51,7	-136
R-123	27,9	-107
R-125	-48,6	-103
R-134a	-26,2	-96,6
R-152a	-25	-117

O condensador, que trabalha com circulação natural de ar, apresenta uma série de aletas ou pequenas lâminas de aço, entre as quais passa a tubulação. Essas aletas têm a finalidade de aumentar a área de troca de calor do fluido refrigerante com o ar do ambiente. Este, por sua vez, quando em contato com as paredes mais quentes do condensador, é aquecido e, torna-se menos denso, subindo e dando lugar ao ar frio, mais denso, produzindo dessa maneira, uma circulação natural e contínua do ar pelo condensador.

Na convecção forçada a movimentação do ar ocorre com o auxílio de um ventilador, forçando uma corrente de ar a atravessar as aletas do condensador, acelerando a troca de calor de uma superfície para outra.

Os condensadores resfriados por convecção natural em geral são utilizados nos refrigeradores domésticos, já os que utilizam condensadores que operam com circulação forçada, geralmente são usados na refrigeração comercial e industrial. Essas duas áreas da refrigeração empregam equipamentos com capacidades maiores, exigindo, pois, o emprego de condensadores de convecção forçada.



**Figura 16: Condensador de convecção forçada.**

Uma prática comum entre as donas de casa é a utilização do condensador da geladeira para secar roupas, aproveitando o calor rejeitado pelo refrigerante superaquecido. Ao depositar a roupa sobre a serpentina, a convecção do ar fica prejudicada, dificultando a transferência de calor e aumentando o tempo de funcionamento do compressor e por sua vez, o consumo de energia e a ineficiência do sistema.

Ao transferir calor para o exterior do sistema, o fluido em forma de vapor se condensa, transformando-se em líquido. Em outras palavras, o fluido refrigerante liquefaz-se, liberando calor sensível e latente para o ar ambiente. Na forma líquida, o fluido refrigerante por ação da gravidade desce para a parte inferior do condensador, acumulando-se no último tubo da serpentina. Desta posição o fluido resfriado é forçado a seguir para o filtro secador e daí para o tubo capilar.

### **Questionário**

1. Os condensadores na sua maioria estão fixados verticalmente na parte traseira dos refrigeradores e pintados de preto. Que fatores explicam o posicionamento e a coloração destes no que se refere à transmissão de calor?
2. Que técnicas os fabricantes de refrigeradores utilizam para aumentar a taxa de transmissão de calor entre o fluido refrigerante e o ambiente externo?
3. A liquefação do refrigerante requer a perda de calor sensível e latente pelo fluido. Com relação a estas duas formas de calor, como se comporta a temperatura do fluido durante o resfriamento e a mudança de estado físico?

4. Que valores a escala Fahrenheit indicaria para a temperatura de fusão e ebulição do refrigerante R-152a na tabela 04?
5. Uma prática comum entre a população está no fato de muitos utilizarem a serpentina do condensador para secar roupas, aproveitando o calor proveniente do sistema de refrigeração. Que influências esta prática apresenta sobre o consumo de energia elétrica e a eficiência do refrigerador?
6. Que cuidados no posicionamento dos refrigeradores junto a paredes e a limpeza dos condensadores devem ser observados com a finalidade de melhorar sua eficiência?
7. Qual a explicação para os condensadores serem fabricados em forma de serpentina e o fluido refrigerante ingressar no condensador pela parte superior da mesma?
8. Qual a diferença entre gás e vapor e o que significa pressão de vapor saturado?
9. Quanto ao funcionamento, que semelhanças existem entre uma geladeira e um condicionador de ar?
10. Um balcão frigorífico foi dimensionado para resfriar 300 kg de carne bovina de 25°C a 5°C em duas horas. Sabendo que o calor específico deste tipo de carne é de 0,80 cal/g°C, determine a quantidade de calor transferido da carne para o refrigerante durante esse processo.

## **5. Filtro Secador**

O filtro secador ou “desidratador” é responsável por remover a umidade residual do fluido refrigerante e eliminar qualquer partícula estranha que, eventualmente, tenha permanecido no sistema, durante o processo de fabricação.

A presença de umidade no fluido refrigerante é fator de preocupação em qualquer sistema de refrigeração. Um dos problemas causados é o entupimento do tubo capilar por cristais de gelo formados pela solidificação da água ao passar pelas regiões frias do sistema.

Outro fenômeno indesejado refere-se ao fato do fluido refrigerante ter contato com o óleo lubrificante utilizado no compressor e a umidade presente poder reagir com

o mesmo formando compostos químicos como os ácidos. Estes por sua vez podem corroer o isolamento dos fios de cobre do motor elétrico e, em consequência, provocar curto-circuito e acarretar a queima do motor.

A presença de ácidos pode também provocar a corrosão dos dutos que formam o condensador e o evaporador, provocando vazamento do fluido refrigerante e a formação de uma película de resíduos sobre as partes móveis do compressor.

Embora inúmeros cuidados sejam tomados durante o processo de fabricação a presença de umidade, mesmo que em pequena quantidade, é inevitável. Como forma de evitar os problemas decorrentes desta umidade, um filtro secador é instalado na linha de líquido entre o condensador e o tubo capilar na posição vertical com a saída inclinada para baixo o que possibilita uma melhor filtragem do fluido.

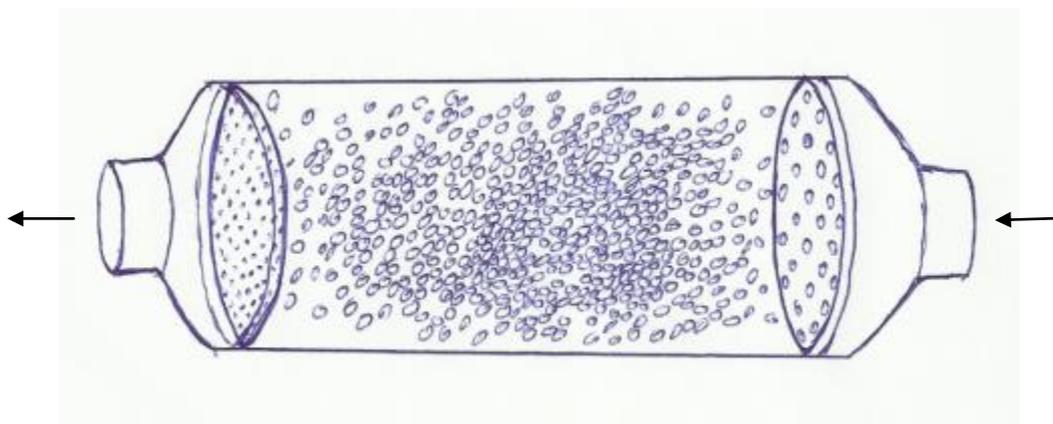
Normalmente, os filtros secadores utilizados em refrigeradores domésticos são fabricados em formato de tubo cilíndrico de cobre ou latão, com duas extremidades de diferentes diâmetros. A entrada maior fica ligada ao condensador e a saída está acondicionada ao estrangulamento do tubo capilar.

A parte interna do filtro secador é formada por substâncias absorventes de umidade na forma de granulados, retidos por duas telas de malha fina de níquel cromo ou bronze, localizadas nas extremidades de entrada e saída. Entre as substâncias mais utilizadas como absorventes estão a sílica gel, muito presente em embalagens de produtos eletrônicos e o óxido de alumínio.



**Figura 17: Filtro secador.**

O fluido refrigerante chega ao filtro secador em estado líquido, proveniente do condensador. A tela metálica, presente na entrada do filtro retém as partículas sólidas, provenientes do próprio processo de fabricação, do desgaste natural das partes moveis ou da corrosão química do sistema, e transportadas pelo fluido refrigerante.



**Figura 18: Visão interna do filtro secador.**

A umidade residual presente no refrigerante fica retida nos granulados da substância higroscópica. A água, por apresentar moléculas de tamanho menor que as que compõem o fluido refrigerante, fica retida no granulado devido à sua porosidade, já as moléculas do fluido refrigerante, por serem maiores, vão para o tubo capilar.

O filtro secador retém a umidade residual por adsorção, isto é, mediante a retenção das moléculas da umidade residual no granulado do absorvente, impedindo dessa forma, a sua circulação no sistema. A grandeza que representa o diâmetro das moléculas de água e o fluido refrigerante é algo da ordem de alguns nanômetros (nm), ou um bilhão de vezes menor que um metro.

Quando ocorrer a troca do filtro secador, é recomendável a sua substituição por outro de maior capacidade porque geralmente as condições em que se efetuam as manutenções não possibilitam os mesmos controles realizados pelo fabricante quanto a impedir a entrada de umidade. Outro cuidado importante é a não exposição do absorvente ao ar ambiente, pois este ficará saturado pela umidade aí presente e perderá completamente sua função.

Uma prática empregada para minimizar a presença de umidade no sistema de refrigeração por ocasião da manutenção do mesmo é a realização de vácuo na tubulação antes de reintroduzir o refrigerante.



**Figura 19: Bomba de vácuo utilizada para retirar o ar atmosférico e a umidade do sistema de refrigeração durante a manutenção.**

## **6. Tubo capilar**

O tubo capilar é o dispositivo de expansão utilizado na refrigeração doméstica e nos equipamentos de pequeno porte empregados na refrigeração comercial.

Apesar de ser um dispositivo de expansão bastante simples, de custo reduzido e de longa durabilidade, visto não sofrer quase desgaste, o trabalho que o tubo capilar executa é da maior importância para o sistema de refrigeração, pois regula a pressão e o escoamento do fluido refrigerante para o evaporador.

Os tubos capilares em geral são utilizados em refrigeradores domésticos de pequeno porte como geladeiras, freezers e bebedouros de água, mas também em alguns tipos de vitrines de refrigeração comercial. Localizado entre a saída do condensador e a entrada do evaporador, o capilar compõe-se de um tubo de cobre com um orifício interno cujo diâmetro é bastante reduzido, tal qual um fio de cabelo, fato que dá origem ao nome.

Tanto o comprimento quanto o diâmetro do tubo capilar são dimensionados de acordo com as características do sistema e a finalidade do aparelho de refrigeração em que será instalado. A função do tubo capilar é manter uma diferença de pressão entre o condensador e o evaporador, por uma restrição da passagem do fluido, a fim de garantir as mudanças de fase do refrigerante, proporcionando assim, as trocas de calor entre este e o ambiente interno e externo do refrigerador.



**Figura 20: Tubo capilar.**

A passagem do fluido refrigerante pelo capilar obedece a duas fases distintas: uma inicial, na qual o fluido ainda não foi vaporizado e passa mais facilmente através do tubo, e a final, na qual começa a formação de vapor e um aumento da pressão de descarga no evaporador.

As especificações técnicas do tubo capilar devem estar de acordo com a capacidade do compressor e a temperatura de evaporação do fluido refrigerante. O comprimento e o diâmetro deste não podem ser calculados com precisão, sendo esses valores obtidos através de ensaios de laboratórios realizados pelos fabricantes. Por essa razão, ao dimensionar ou substituir um tubo capilar, deve-se entrar em contato com os fabricantes que, em geral, mantêm um serviço de atendimento especializado para orientações dessa natureza.

O trabalho dos quatro elementos básicos do sistema de refrigeração: compressor, condensador, tubo capilar e evaporador, constituem um ciclo, isto é, o funcionamento de um depende do outro. Por essa razão, é importante que funcionem harmoniosamente, visto que o mau desempenho de um deles vai interferir nos demais e, por consequência, no próprio sistema de refrigeração.



**Figura 21: Representação do ciclo de refrigeração.**

O compressor aspira do evaporador o fluido em forma de vapor em baixa pressão e baixa temperatura. Após aspirar o fluido, o compressor vai comprimi-lo para o condensador, fazendo com que a sua pressão e a sua temperatura se elevem em relação ao meio ambiente. Com a pressão e a temperatura elevadas, o fluido refrigerante, trocando calor com o ambiente externo que está mais frio, se condensa. O refrigerante posiciona-se na parte inferior da serpentina que forma o condensador.

Ao sair do condensador, o fluido na fase líquida passa pelo filtro secador, para remoção de umidade e possíveis resíduos remanescentes do processo de fabricação, entrando em alta pressão e alta temperatura no tubo capilar.

Saindo do tubo capilar, o refrigerante na forma líquida e com pressão elevada entra no evaporador, que se encontra em baixa pressão. Ao expandir, o fluido se ajusta à pressão do evaporador, causando a diminuição de sua temperatura, promovendo a absorção de calor da parte interna do refrigerador. Neste processo ocorre a evaporação do refrigerante que é novamente sugado pelo compressor.

### **Questionário**

1. Um dos maiores problemas enfrentados na manutenção de refrigeradores, refere-se ao fato de, quando da necessidade de abrir o sistema, facilmente a umidade presente no ar entra em contato com os elementos internos,

prejudicando ou impedindo seu funcionamento. Por que a umidade presente no ar é definida como umidade relativa do ar e é expressa em porcentagem?

2. O uso de materiais dessecantes em embalagens de eletrônicos para reter a umidade é bastante comum. Nos sistemas de refrigeração essas substâncias também são utilizadas para retirar a umidade do fluido refrigerante que prejudica o funcionamento do sistema. Explique como as substâncias higroscópicas retêm as moléculas de água.

3. As moléculas que compõem o refrigerante, bem como a água, apresentam tamanho da ordem de alguns nanômetros. Pesquise algo existente na natureza que apresente tamanho semelhante ao dessas moléculas.

4. De que forma o tubo capilar estabelece duas regiões de diferentes pressões entre o condensador e o evaporador?

5. Na parte final do tubo capilar o refrigerante começa a passar do estado líquido para vapor, aumentando a pressão na sua extremidade de saída. Como explicar o aumento desta pressão de descarga do capilar?

6. Que aparelho é utilizado para realizar as leituras de pressão ao longo de todo o circuito de refrigeração?

7. O que ocorre com a energia interna do gás refrigerante ao ceder calor para o ar atmosférico no condensador?

8. Como se comporta a temperatura de congelamento e ebulição da água com a variação da pressão atmosférica?

## **7. Evaporador**

A evaporação é o processo de mudança de fase de uma substância líquida para a fase gasosa. Nesta passagem, certas quantidades de calor são transferidas a uma substância, provocando o aumento da agitação molecular e variações em sua temperatura.

Fenômenos como o resfriamento de água em recipientes de barro, a sensação de frio quando da transpiração do corpo humano diante de uma corrente de ar ou ao passar álcool sobre a pele, são exemplos de evaporação de líquidos. Pois bem, a evaporação também ocorre nos equipamentos de refrigeração e constitui um dos processos mais importantes do ciclo da refrigeração.

A única diferença entre a evaporação obtida por meio dos equipamentos de refrigeração e as observadas no cotidiano, é que nos equipamentos de refrigeração a evaporação é realizada mecanicamente e, como tal, é um processo controlado, que depende do funcionamento de um componente que é o evaporador, conhecido popularmente como congelador, isto é, o local do refrigerador destinado ao congelamento da água e dos alimentos.

Nos refrigeradores domésticos, o evaporador é constituído basicamente por duas chapas de alumínio sobrepostas, estampadas e caldeadas a 500°C, curvadas em vários formatos. Em seu interior são moldados espaços livres, semelhantes a tubos embutidos, por onde cruza o fluido refrigerante, passando da fase líquida para a fase gasosa devido à baixa pressão existente.



**Figura 22: Evaporador de geladeira doméstica – evaporador.**

As chapas com a tubulação em zigue-zague estampada, em geral são encontradas na cor branca ou em alumínio submetido a tratamento anticorrosivo. Nos gabinetes do tipo vertical, o evaporador se encontra instalado na parte interna superior. Nos gabinetes do tipo horizontal, o evaporador é formado por uma serpentina disposta ao redor do gabinete interno, e compõe uma única peça. Isto é, o evaporador é o próprio gabinete interno. Os evaporadores dos refrigeradores domésticos em geral são fabricados de alumínio, porque é um material que possibilita uma boa condutibilidade térmica.

Ao absorver calor, o evaporador mantém o compartimento do refrigerador numa temperatura adequada à conservação dos alimentos os quais, quando uniformemente distribuídos no interior do gabinete, favorecem a livre movimentação do ar por convecção natural ou forçada, facilitando a troca de calor.

O fluido refrigerante, em baixa pressão e baixa temperatura, chega ao evaporador por meio do tubo capilar. Ao chegar ao evaporador, o fluido refrigerante, que se encontra na fase líquida, passa a circular dentro das tubulações do evaporador. O ar que circula no interior do gabinete, ao entrar em contato com a tubulação do evaporador, que está gelada, transfere o calor para a superfície do evaporador e, em seguida, para o fluido refrigerante que se encontra, dentro do evaporador, ainda na fase líquida e em baixa temperatura.

Com a transferência de calor, o fluido refrigerante entra em ebulição, evaporando-se por calor latente. Ao evaporar-se, cada molécula do fluido refrigerante leva consigo calor do ar que está confinado dentro do refrigerador, abaixando, em consequência, a temperatura do compartimento interno do refrigerador.

O processo de evaporação é contínuo e se repete enquanto o compressor estiver trabalhando. Dessa forma, o vapor segue pela linha de sucção, sendo aspirado pelo compressor e comprimido no condensador em alta pressão e alta temperatura, transferindo para o ambiente externo o calor adquirido no evaporador e no compressor.

O bom funcionamento do evaporador depende de sua superfície externa. Por essa razão, é muito importante que a camada de gelo que se acumula sobre essa superfície não ultrapasse 5 mm de espessura para evitar que o gelo se transforme em isolante térmico, impedindo a troca de calor entre o ar e a superfície do evaporador. Para evitar que isso ocorra, é importante fazer o degelo periodicamente.



**Figura 23: Congelador de geladeira com excesso de gelo.**

## Questionário

1. A mudança de estado físico do refrigerante no evaporador (congelador) possibilita a absorção de grande quantidade de calor da parte interna do refrigerador para sua posterior transferência para o ambiente externo. Que tipo de calor é absorvido pelo refrigerante durante a mudança de estado físico e como se comporta a temperatura das substâncias durante este processo?

2. Os evaporadores são construídos em chapas de alumínio sobrepostas, estampadas e moldadas com espaços livres, semelhantes a tubos embutidos, por onde cruza o fluido refrigerante. Explique por que é importante que o evaporador seja confeccionado com um material bom condutor térmico?

3. Qual a explicação física para o congelador das geladeiras estar localizado na parte superior interna do gabinete?

4. Ao entrar no evaporador o fluido refrigerante encontra uma região de baixa pressão que possibilita a sua expansão e posterior evaporação pela absorção de calor do ambiente interno. Que fatores são responsáveis por gerar uma região de baixa pressão no evaporador?

5. Qual a origem do gelo que se forma sobre o evaporador durante o funcionamento dos refrigeradores?

6. No evaporador ocorre a ebulição (ferve) do refrigerante pela absorção de calor. Como explicar o fato que, mesmo em ebulição, o fluido refrigerante se mantém em baixa temperatura no interior do evaporador?

7. O que ocorre com a energia interna do gás refrigerante ao absorver calor no evaporador?

8. O refrigerante R-134a, o mais utilizado em geladeiras na atualidade, apresenta calor latente de vaporização de 215,5 kJ/Kg e uma densidade de líquido de 1,30 kg/l. Qual o volume de R-134a que deve passar pelo congelador de uma geladeira para que 2 litros de água inicialmente a 20 °C sejam congelados até -10 °C?

## 8. Fluido refrigerante

Fluidos frigorígenos, agentes frigorígenos ou simplesmente refrigerantes, como popularmente chamados, são substâncias empregadas como veículos térmicos nos refrigeradores.

Os primeiros refrigerantes utilizados na refrigeração foram amônia ( $\text{NH}_3$ ), anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ), anidrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) e o cloreto de metila ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ), sendo que a amônia continua sendo bastante empregada na refrigeração industrial por ser um excelente refrigerante, porém, altamente tóxica, sendo responsável pela morte de famílias inteiras.

Na segunda década do século XX, com a finalidade de melhorar a eficiência dos refrigeradores e a necessidade de atingir temperaturas mais baixas, começou-se a utilizar como refrigerante o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), o etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) e o próprio propano ( $\text{C}_2\text{H}_8$ ), mesmo com grande perigo de explosão por ser altamente inflamável.

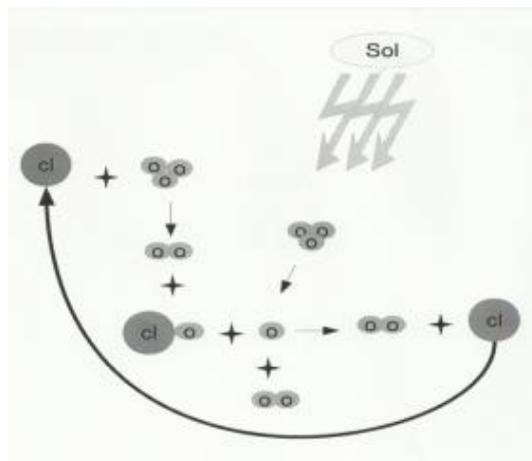
O desenvolvimento da indústria frigorígena e de novos equipamentos para atender o uso doméstico, comercial e industrial, forçou as pesquisas e o desenvolvimento de novos refrigerantes. A empresa DuPont lança então os hidrocarbonetos fluorados da série metano e etano, conhecidos como Freons.

O gás Freon faz parte de uma família de produtos químicos conhecidos como clorofluorcarbonos (CFCs). Esse tipo de gás representou um grande avanço nos refrigerantes da época de 1930, pois não era considerado tóxico, corrosivo, inflamável ou reativo.

Ao longo da década de 1980, os CFCs foram aproveitados em uma ampla variedade de aplicações, até que diversas evidências demonstraram que o produto estava contribuindo para os danos na camada de ozônio, que protege a Terra dos raios ultravioleta provenientes do Sol. Em resposta a este problema, muitas alternativas a estes produtos foram pesquisadas, e os governos de inúmeros países lançaram iniciativas para que os fabricantes substituíssem os produtos que contêm Freon por outras substâncias menos poluentes.

A camada de ozônio encontra-se a uma altitude de aproximadamente 12.000 m da Terra. Os CFCs devido a sua grande estabilidade, com durabilidade de dezenas de anos, podem migrar através da troposfera para a estratosfera no decorrer do tempo. Quando os CFCs atingem essa camada intermediária são dissociados por ação de raios

ultravioletas, transformando-se em monóxido de cloro e radicais ativos, os quais destroem o ozônio, conforme ilustra a figura abaixo:



**Figura 24: Representação da ação dos CFCs sobre o ozônio.**

Além de ser usado como um gás refrigerante em refrigeradores, o Freon também foi empregado em sistemas de ar condicionado, no combate a incêndios, e como um agente propulsor de aerossóis.

Em um encontro em Montreal, Canadá, em setembro de 1987, sobre substâncias que empobrecem a camada de ozônio, firmou-se um tratado internacional em que os países signatários se comprometeram a substituir as substâncias que se demonstraram nocivas ao ozônio (O<sub>3</sub>) na parte superior da estratosfera. Tendo passado por várias revisões, e com grande adesão internacional, foi considerado por Kofi Annan, Secretário-geral da Organização das Nações Unidas entre 1997 e 2001, como talvez o mais bem sucedido acordo internacional de todos os tempos.

**Tabela 05: Potencial de Destruição do Ozônio (ODP) e Potencial de Aquecimento do Efeito Estufa (GWP) tendo como referência o refrigerante CFC-11(JABARDO e STOECKER, 2002. P.275).**

<b>PRODUTO</b>	<b>O.D.P.</b>	<b>G.W.P.</b>
CFC-11	1,0	1,0
CFC-12	1,0	3,20
HCFC-23	0,05	0,34
HCFC-32	0,0	0,12
HCFC-123	0,02	0,02
HCFC-23	0,0	N/d
HFC-134a	0,0	0,28
HFC-152a	0,0	0,03
HFC-125	0,0	0,84

A partir do acordo de Montreal, as empresas do setor químico desenvolveram alternativas mais seguras que os CFCs para uso como refrigerantes. No entanto, um grande volume do produto químico ainda está presente em nossos refrigeradores. Aparelhos antigos que contêm o Freon tornam-se um problema ao necessitarem de manutenção ou serem descartados como ferro velho. A manutenção de sistemas em extinção representa um maior custo para o proprietário em relação aos atuais, por dificuldades de reposição de componentes e do fluido refrigerante não mais estar presente no mercado. Outro problema refere-se ao descarte destes aparelhos para reciclagem, onde na maioria das vezes o refrigerante é eliminado no ambiente sem qualquer forma de tratamento, aumentando a presença destes gases na atmosfera e contribuindo ainda mais para a redução da camada de ozônio.

A restauração da camada de ozônio ocorre naturalmente, porém de forma lenta, e o ritmo da destruição atual não permite sua plena restauração. O Protocolo de Montreal foi firmado pela maioria dos países do mundo com o objetivo de, aos poucos, extinguir a produção destas substâncias, através da substituição por outras menos nocivas e assim propiciar a gradual restauração desta camada.

Os fluidos frigorígenos apresentam algumas características que devem ser levadas em consideração por ocasião de sua escolha. Devem ser observados aspectos como: serem quimicamente inertes em relação aos metais, juntas e lubrificantes; serem miscíveis com a água, a fim de evitar o seu congelamento nas canalizações; ter baixa viscosidade para minimizar perdas de carga; exigir baixa compressão para atingir as temperaturas de funcionamento; ter temperatura de congelamento inferior à menor temperatura de funcionamento da instalação; ter pequeno volume específico; ter elevado calor latente de vaporização; não ser inflamável e tóxico; serem bastante estáveis com variações de temperatura; serem de fácil identificação em caso de vazamentos e de baixo custo.

### **Questionário**

1. Que características deve apresentar o fluido refrigerante para que a máquina frigorífica tenha um funcionamento mais eficiente e seguro?

2. O uso dos CFCs e a destruição da camada de ozônio são questões presentes na maioria das falas ou leituras que tratam das questões ambientais. Procure explicar como estes gases em contato com o ozônio provocam sua destruição.

3. O tratado de Montreal é tido como um acordo bem sucedido e com a adesão da maioria dos países do mundo. Como podemos analisar a disparidade entre o tratado de Montreal e as várias tentativas tímidas e, muitas vezes, frustrantes de um acordo para a redução da emissão de gás carbônico?

4. Um dos cuidados que devemos ter ao descartarmos os refrigeradores antigos para desmanche está no destino correto do gás Freon presente no sistema. Como poderíamos manusear estes gases, sem liberá-lo para o ambiente, reaproveitando-o ou neutralizando seus efeitos na atmosfera?

5. Que tipo de fluido refrigerante utilizavam as geladeiras a fogo, que queimavam gás ou querosene?

## **9. Eficiência energética dos refrigeradores**

A eficiência energética dos refrigeradores representa a relação entre a capacidade frigorífica, que é a quantidade de calor por unidade de tempo retirada do meio que se quer resfriar através do evaporador, e a energia total gasta para isso.

A eficiência dos sistemas de refrigeração pode ser influenciada por muitas variáveis, dentre as quais estão a diferença de temperatura entre condensador e evaporador, eficiência do compressor, características do isolante, qualidade da energia elétrica que alimenta os equipamentos, características físicas do gabinete, condições de instalação, modo de armazenamento dos alimentos e cuidados operacionais do equipamento.

O Ministério de Minas e Energia estabelece normas referentes à eficiência energética a serem seguidas pelos fabricantes com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica. Os níveis de consumo dos aparelhos são certificados pelo selo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) que, desde 1985, promove a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais.

O *link* [www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp) apresenta informações sobre os selos de controle e indicação de eficiência energética.

Nos equipamentos de refrigeração, por trabalharem idealmente em um ciclo inverso ao ciclo de Carnot, o seu rendimento é inversamente proporcional a diferença de temperatura absoluta entre o condensador, que é a fonte quente do sistema, e o evaporador ou congelador, a fonte fria. Embora a eficiência do ciclo real seja sempre menor que a do ciclo ideal para as mesmas condições de operação, podemos com o ciclo ideal verificar quais os parâmetros que o influenciam, assim como o grau de influência de cada um. A eficiência  $\beta$  é definida como a razão entre energia útil, que é a quantidade de calor retirado da fonte fria, e a quantidade de energia gasta pelo compressor para realizar trabalho sobre o sistema (MARTINELLI, 2003).

$$\beta = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}}$$

Os compressores ou motocompressores são os dispositivos responsáveis diretamente pela transformação parcial da energia elétrica em trabalho sobre o fluido refrigerante. A utilização de um motor elétrico com baixas perdas no circuito elétrico e magnético, o uso de um óleo lubrificante de qualidade para redução do atrito dos componentes móveis, um conjunto compressor de biela e manivela em substituição aos sistemas excêntricos, por apresentarem menor perda por atrito, são algumas características procuradas em um sistema mais eficiente.

O isolamento térmico do sistema é, sem dúvida, o principal fator de influência na eficiência dos refrigeradores. Reduzir as perdas de calor pela diferença de temperatura entre a parte interna e externa do gabinete é a função do isolante, cujas características de condutividade térmica (tabela 01), espessura do material, área de contato, troca de calor e diferença de temperatura determinam o fluxo de calor entre o ambiente e o interior do refrigerador. Melhorias no isolamento dos refrigeradores, que na sua maioria utilizam como material poliuretano expandido, poderiam reduzir facilmente em até 20% as perdas de energia (tabela 02). Porém, a preferência do consumidor por geladeiras de pequenas dimensões externamente e um bom espaço interno, forçam os fabricantes a optarem por modelos menos eficientes.

A transmissão de calor em materiais sólidos foi determinada experimentalmente pelo francês Jean-Baptiste Fourier (1768 – 1830), apontando que a

quantidade de calor  $Q$  que atravessa um material sob uma diferença de temperatura invariável, é diretamente proporcional ao coeficiente de condutividade térmica do material  $K$ , à área da seção atravessada  $A$ , à diferença de temperatura  $\Delta\theta$  entre as duas regiões e o tempo de transmissão  $\Delta t$ , sendo inversamente proporcional à extensão atravessada ou espessura do material  $e$  (TORRES, 2010):

$$Q = K \frac{A \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t}{e}$$

A qualidade da energia elétrica também influencia na eficiência dos refrigeradores. Variações da voltagem e frequência na energia elétrica que alimenta o sistema interferem nos projetos dos motocompressores, permitindo que operem sujeitos a variações de mais de 15% na voltagem, ocasionando um acréscimo de até 8% no consumo de energia (FURUKAWA, 1999). Por outro lado, variações na frequência alteram a rotação do motor e a pressão sobre o refrigerante, modificando a capacidade de trocas de calor.

A forma como o gabinete é dimensionado também interfere na eficiência energética. Refrigeradores domésticos posicionados verticalmente ou horizontalmente, projetados para a mesma carga térmica e volume interno apresentam consumo de energia elétrica diferenciado, especialmente pela maior área de troca de calor do gabinete e perda de frio por convecção pela abertura da porta durante o manuseio. Uma melhoria implementada pela indústria nos congeladores verticais, foi à introdução das proteções frontais nas gavetas que dividem o espaço interno, diminuindo assim as trocas gasosas entre o interior e o ambiente externo por ocasião da abertura do refrigerador.

O posicionamento dos refrigeradores em locais inapropriados, que dificultam a ventilação e as trocas de calor entre o condensador e o ambiente, a proximidade de fontes de calor como fornos, fogões ou locais com muita insolação, podem elevar o consumo de energia em até 20% (FURUKAWA, 1999).

Alguns cuidados no armazenamento dos alimentos e na operacionalização do refrigerador podem contribuir para uma redução no consumo de energia e aumentar a eficiência de seu funcionamento. O ingresso dos alimentos em temperatura ambiente, a conservação de líquidos em recipientes fechados para dificultar a evaporação no interior da geladeira e evitar o acúmulo de gelo sobre o evaporador, a distribuição da carga e a não obstrução das grades que formam as prateleiras, de modo a facilitar a circulação

natural de ar por convecção, a redução da frequência de abertura da porta, degelo periódico do congelador e limpeza do condensador, são atitudes que favorecem o bom funcionamento do equipamento.

A formação gradual de gelo sobre o evaporador provoca uma redução na taxa de transferência de calor para o interior do refrigerador, ocasionando um aumento no consumo de energia elétrica. Ao funcionar como um bom isolante térmico, uma camada de gelo de 0,5 cm sobre o evaporador pode determinar um aumento de consumo de até 25% (FURUKAWA, 1999). Equipamentos munidos com sistema de degelo automático reduzem este problema, especialmente quando a limpeza periódica não é realizada, pois, mesmo utilizando resistências elétricas para o degelo, permitem uma redução final nos gastos com energia elétrica.

### **Questionário**

1. Levando em conta o consumo de energia elétrica de uma residência, qual o percentual médio que representam os refrigeradores nesta conta?

2. Os motocompressores monofásicos utilizados em refrigeradores de pequeno porte sofrem influências das oscilações das características da energia elétrica. Como variações na frequência e voltagem aumentam o consumo de energia e diminuem a eficiência do sistema?

3. Qual a quantidade de calor transferido em uma hora pelas paredes de um refrigerador com 60 cm de largura, 60 cm de comprimento e 1,50 m de altura, que funciona em um ambiente a 20°C e temperatura média interna de -1°C, cuja espessura das paredes é de 5 cm e a condutividade do material é de 0,025 W/m.K?

4. Qual a quantidade energia térmica retirada do gabinete de um refrigerador doméstico com uma eficiência energética de 1,8 ao consumir, durante um mês, 50 kWh de eletricidade?

5. Na hora de definir o local para instalação de um refrigerador doméstico, que cuidados devemos ter?

6. O selo PROCEL presente nos refrigeradores indica a relação de eficiência entre o consumo de energia elétrica e o calor transferido pelo sistema termodinâmico. Que ações poderiam ser desenvolvidas pela indústria com o intuito de tornar os equipamentos mais eficientes?

7. Um equipamento condicionador de ar deve ser capaz de reduzir de 32°C para 22°C em 15 min a temperatura de uma sala com 15 m de comprimento, 6m de largura e 3m de altura. Sabendo que a taxa de perda térmica pelas paredes é de 4 kW/h e que a densidade e o calor específico do ar são de 1,2 kg/m<sup>3</sup> e 0,24 cal/g°C, respectivamente, determine em kW e Btu/h, a potência útil mínima que o condicionador de ar precisa desenvolver.

8. Um pequeno frigobar deve ser capaz de resfriar 12 latas de cerveja de 350ml cada, da temperatura ambiente de 25°C até 0°C, em 20 min. Desprezando as demais cargas térmicas do interior do refrigerador, determine a quantidade de calor retirado do compartimento interno do frigobar durante a operação, sabendo que uma lata de cerveja possui 28 g de alumínio e 357 g de líquido, e que o calor específico do alumínio é de 0,20 cal/g°C e o da cerveja 1,02 cal/g°C.

### **9.1. Atividade experimental para determinação da eficiência energética de um refrigerador.**

A atividade que segue busca estimar a eficiência energética de um refrigerador, mais conhecida como coeficiente de eficácia ou simplesmente COP (*Coefficient of performace*), que é a relação entre a energia útil ou a quantidade de calor retirado da fonte fria, e a energia elétrica consumida para a obtenção do efeito desejado:  $COP=Q/E$  (Coeficiente de eficácia = quantidade de calor transferido da fonte fria / energia elétrica consumida pelo sistema para realizar trabalho).

Para a realização da atividade é necessário um sistema de refrigeração que, no nosso caso, é a bancada didática, dois termômetros, água e cronômetro.

Na bancada didática o evaporador envolvido por uma caixa de isopor representa a parte interna de uma geladeira ou freezer. Um termômetro preso à caixa indica a temperatura da parte interna estabelecendo o momento em que o sistema deve ser ligado e desligado.

Nesta atividade as perdas térmicas através do isolamento da caixa de isopor e o calor transferido pela pequena quantidade de ar presente neste reservatório são desprezados.



**Figura 25: Reservatório de isopor contendo o evaporador imerso em água e o sensor de temperatura.**

Com o sistema em funcionamento esperamos a água no interior da caixa de isopor atingir a temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ . Neste momento, o sistema é rapidamente desligado e a água do seu interior é substituída por três litros de água à temperatura ambiente, cujo valor tenha sido previamente verificado com um termômetro. Feita a troca, o sistema é rapidamente ligado e cronometrado o tempo gasto para a água atingir novamente a temperatura de  $10^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 26: Leitura da tensão de funcionamento da bancada didática e simulação da eficiência energética.**

Utilizando a potência  $P$  de funcionamento do sistema fornecida pelo fabricante do refrigerador de água que compõe a bancada didática, cujo valor indicado é de  $154\text{ W}$ ,

e medindo o tempo  $\Delta t$  gasto para resfriar a água, pode-se determinar, desconsiderando a potência dissipada pelos dois termostatos, a energia elétrica  $E$  consumida durante o processo:  $E = P \cdot \Delta t$ .

A quantidade de energia retirada da água pelo sistema de refrigeração pode ser determinada pela relação:  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , onde  $Q$  é a quantidade de calor transferido,  $\Delta T$  é a variação de temperatura e  $m$  e  $c$  são, respectivamente, a massa e o calor específico da água ( $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ).

Com os valores de  $E$  e  $Q$  assim obtidos, calcula-se o valor do COP da bancada didática. Esse valor pode ser comparado com os valores fornecidos pelo selo PROCEL presente em bebedouros semelhantes aos utilizados para montar a bancada didática e em outros refrigeradores e condicionadores de ar. Discutir como e quais fatores interferem na eficiência do sistema como, por exemplo, a temperatura ambiente e a livre circulação do ar pelo condensador, quais os aspectos que foram idealizados na realização do experimento e que outra possível forma de determinar a potência e o consumo de energia elétrica poderia ser adotada é também uma estratégia de ensino que deve ser explorada.

### Questionário

1. Um condicionador de ar do tipo *split* anuncia em seu selo de eficiência PROCEL a seguinte especificação: capacidade total de refrigeração 9000 BTU/h; tensão de funcionamento 220 V e coeficiente de eficiência – COP = 3,21. Qual a potência elétrica total de funcionamento deste condicionador?

2. Qual o consumo de energia elétrica em kWh de uma câmara fria com capacidade de refrigeração de três toneladas de refrigeração (1TR = 12000 BTU/h), durante um dia de funcionamento?

3. Qual o tempo de funcionamento necessário para um freezer com potência nominal de 500 W, resfriar da temperatura ambiente de 25°C até 0°C, uma quantidade de 150 kg de carne bovina (calor específico 0,82 cal/g°C), sabendo que o COP do equipamento é igual a 2,8?

4. Explique fisicamente por que um equipamento de refrigeração com um COP de valor mais elevado representa ser energeticamente mais eficiente?

## 10. Bibliografia

BRIAN, N.P. *Mutações técnicas e organizacionais e o ensino tecnológico*, universidade e sociedade. São Paulo, Revista da Andes, n. 5, 1993.

COSTA, Ê. C. da. *Refrigeração*. 3.ed. Editora Edgar Blücher LTDA. São Paulo, 1982.

JABARDO, J. M. S; STOECKER, W.F. *Refrigeração Industrial*. 2.ed. Editora Edgar Blücher LTAD. São Paulo, 2002.

FURUKAWA, H. C. *A energia como um tema de estudos no ensino de física de nível médio: uma abordagem interdisciplinar e contextualizada - um estudo de caso*. 1999. 214f. Dissertação (Mestrado - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energias), Universidade de São Paulo. 1999.

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras de Física-Física térmica*. Instituto de Física da USP. 1998.

MARTINELLI, L. C. J. *Refrigeração*. Disponível em: <[http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao\\_ar/apostila\\_refrigeracao.pdf](http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao_ar/apostila_refrigeracao.pdf)>. Acesso em 06/07/2011.

NETO, C. B. *Área técnica de Refrigeração e Condicionamento de ar - Transferência de calor*. v.1. Parte 2. 2010. Disponível em: <[www.wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/d/d7/Apostila\\_TCL\\_2010\\_Parte\\_2.pdf](http://www.wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/d/d7/Apostila_TCL_2010_Parte_2.pdf)> Acesso em 09/07/2011.

PIRANI, M. J. *Refrigeração e Ar Condicionado Parte I Refrigeração*. Disponível em: <[http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao\\_ar/Apostila\\_Refrigeracao\\_1.pdf](http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/refrigeracao_ar/Apostila_Refrigeracao_1.pdf)>. Acesso em 03/08/2011.

Revista Super Interessante n.15, São Paulo, 1988. Disponível em: <[http://super.abril.com.br/superarquivo/1988/conteudo\\_111452.shtml](http://super.abril.com.br/superarquivo/1988/conteudo_111452.shtml)>. Acesso em 22/03/2011.

SENAI. *Mecânica de refrigeração - Ensino a distância. Modulo 2*. 2.ed. São Paulo, 1997.

TORRES, C.M; FERRRARRO, N. G; SOARES, P. A.T. *Física Ciência e Tecnologia*. v. 2, 2. ed. Moderna. São Paulo, 2010.

## APÊNDICE C

### **Montagem da bancada didática de refrigeração.**

Neste apêndice estão as informações a respeito do material e os custos de confecção da bancada didática de refrigeração e da montagem aberta do compressor hermético.

- Material utilizado na confecção da bancada didática:
  - Um bebedouro com sistema de refrigeração a gás, adquirido como ferro velho em uma oficina de refrigeração ao custo de 80 reais. Estes bebedouros são muito comuns de encontrar abandonados nos depósitos das próprias escolas.
  - Uma caixa de madeira leve com dimensões de 35 cm x 35 cm x 120 cm, aberta em forma de L, confeccionada em oficina de móveis ao custo de 60 reais.
  - Lixa, tinta, produtos para tirar a ferrugem e lavagem: 20 reais.
  - Fios, flecha, interruptor, parafusos: 20 reais.
  - Corte e retirada do reservatório de água: 10 reais.
  - Sensor digital de temperatura, adquirido por doação de um produtor de leite que havia substituído os termostatos por defeito em um resfriador. Nas oficinas de manutenção estes sensores inutilizados são vendidos entre 25 e 30 reais cada.
  - Caixa de isopor com capacidade de cinco litros, facilmente encontrada em supermercados mercados: 5 reais.
  
- Custo total da bancada didática de refrigeração: 190 reais.



**Figura 01: Imagem da bancada didática montada na parte interna da caixa de madeira.**

Os valores aqui apresentados representam os custos reais envolvidos na confecção dos materiais utilizados no desenvolvimento do projeto. Estes valores podem apresentar alterações quando da tentativa de reprodução em outros locais e momentos.

Os demais equipamentos utilizados como termômetros de coluna, manômetros de alta e baixa pressão, multímetros e cronômetro foram obtidos junto ao material de laboratório do Instituto que se encontra em depósito até a conclusão do Campus.



**Figura 02: Imagem da parte externa da bancada didática.**

## APÊNDICE D

### Montagem do compressor hermético aberto.

- Material utilizado na confecção aberta do compressor hermético:
  - Um compressor de geladeira descartado em ferro velho: 10 reais;
  - Corte da parte superior da carcaça do compressor: 10 reais;
  - Lixa, tinta, parafusos: 10 reais;
  - Fio, flecha e interruptor: 10 reais;
- Custo total da montagem aberta do compressor: 40 reais.



**Figura 01: compressor hermético aberto e montado sobre suporte de madeira e preparado para aula expositiva.**

O compressor adquirido estava em funcionamento em uma geladeira destinada para desmanche e o seu custo foi apenas o valor de reciclagem. A abertura da carcaça foi realizada com disco de corte de metal e o óleo foi retirado para evitar respingos por ocasião de seu funcionamento aberto para visualização dos componentes internos.

O compressor foi fixado sobre um suporte de madeira e ligado à rede elétrica por meio de fiação adaptada e com um interruptor para ligá-lo ou desligá-lo, conforme necessidade de uso.

## APÊNDICE E

Neste apêndice estão alguns comentários dos alunos com relação à avaliação do trabalho desenvolvido durante o segundo semestre do ano letivo, quando da aplicação do projeto de ensino de Física Térmica com a utilização de um sistema de refrigeração montado na forma de uma bancada didática.

### Aluno - A

As aulas de física no segundo semestre ficaram muito boas porque nós fizemos aquelas coisas de lá e o professor explicou, tivemos a prática também, pedimos ver como é realizado o congelamento em um refrigerador, por meio de uma bancada de estudos. Os trabalhos (as folhas) de perguntas ficaram muito boas também, porque um ajudava o outro a responder as perguntas, e que um não sabia o outro ajudava, ou seja, todos se ajudaram.

### Aluno - B

Sei acho que foi bem construtivo para mim, me ajudou a entender melhor o funcionamento do refrigerador. Também me ajudou a entender um pouco mais do conteúdo que tínhamos estudado entre os grupos. As dúvidas que nos surgiram foram resolvidas com a ajuda da bancada, conseguimos entender bem melhor o funcionamento do refrigerador.

### Aluno - C

Achei muito interessante, pois foi um ótimo modo de aprender, pois tem quem tem a parte de trazer materiais de refrigeração o que fez que a gente aprendesse mais facilmente e memorizasse o conteúdo melhor e mais facilmente. Teria que continuasse assim.

Aluno - D

Nas atividades práticas muito importantes para a aprendizagem, pois elas auxiliam na percepção de como funciona determinadas coisas. Nas aulas práticas surgem mais dúvidas do que se era uma aula teórica, pois a pessoa está presenciando aquilo naquele momento. Na resposta das dúvidas aumenta o conhecimento sobre o conteúdo estudado.

Aluno - E

As atividades experimentais são muito importantes pois nos ajudam a entender certos conteúdos. Como por exemplo, para entender como é a câmera funciona um ciclo de fotógrafar, não basta só ver desenhos e fotos, precisamos ver, tocar, experimentar, para estás compreendendo como ele funciona. Exatamente isso, surgem algumas dúvidas, e com isso, explicações dos professores, aí é que aprendemos mais. As atividades experimentais também nos ajudam a memorizar coisas, a aprender, não só descrever o conteúdo.

Aluno - F

Eu acho muito importante, pois, conseguimos ver realmente o que acontece em determinada ocasião, e não ficamos só na imaginação da teoria, e também a prática chama mais a nossa atenção e assim aprendemos mais.

Aluno - G

A importância é não um pouco do sala de aula, de aulas teóricas para práticas. Isso auxilia muito no entendimento de conteúdos, pois você pode ver que acontece no vivo frente, diferente do sala de aula, onde você tem que deduzir como certas coisas funcionam. Na minha opinião aulas práticas são tão importantes como aulas teóricas.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

MEC/SETEC INSTITUTO FEDERAL SUL-RIO-GRANDENSE		<b>CURSO TÉCNICO EM REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO – forma integrada</b>				A PARTIR DE 2011/1
		<b>MATRIZ CURRICULAR Nº 3579</b>				CAMPUS VENÂNCIO AIRES
SEMESTRES		CÓDIGO	DISCIPLINAS	HORA AULA SEMANA L	HORA AULA SEMESTRAL	HORA RELÓGIO
	Primeiro Ano	VA.DE.001	Língua Portuguesa I	3	120	100,00
		VA.DE.002	Língua Estrangeira I - Inglês I	2	80	66,67
		VA.DE.003	Educação Física I	2	80	66,67
		VA.DE.004	Matemática I	4	120	133,33
VA.DE.005		Física I	2	80	66,67	
VA.DE.006		Eleticidade	4	160	133,33	
VA.DE.007		Química	4	160	133,33	
VA.DE.008		Filosofia I	1	40	33,33	
VA.DE.009		Sociologia I	1	40	33,33	
VA.DE.010		História I	2	80	66,67	
VA.DE.011		Informática Instrumental	2	80	66,67	
VA.DE.013		Jogos e estruturas lógicas	1	40	33,33	
VA.DE.012		Lógica e Algoritmos	2	80	66,67	
VA.DE.014		Iniciação Acadêmica	1	40	33,33	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>31</b>	<b>1240</b>	<b>1033,33</b>	
Segundo ano	VA.DE.016	Língua Portuguesa II	2	80	60	
	VA.DE.017	Língua Estrangeira II – Inglês II	2	80	60	
	VA.DE.018	Educação Física II	3	120	90	
	VA.DE.019	Artes- música, dança, teatro e visuais	3	120	90	
	VA.DE.020	Matemática II	2	80	60	
	VA.DE.021	Física II	2	80	60	
	VA.DE.022	Filosofia II	1	40	30	
	VA.DE.023	Sociologia II	1	40	30	
	VA.DE.024	História II	2	80	60	
	VA.DE.058	Eleticidade Aplicada I	2	80	60	
	VA.DE.059	Mecânica de Fluidos e termodinâmica	3	120	90	
	VA.DE.074	Projetos I	2	80	60	
	VA.DE.062	Desenho Técnico	4	160	120	
	VA.DE.063	Fundamentos e Prática de Refrigeração e Climatização	6	240	180	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>31</b>	<b>1240</b>	<b>1050</b>	
Terceiro ano	VA.DE.031	Língua Portuguesa III	2	80	60	
	VA.DE.032	Educação Física III	3	120	90	
	VA.DE.033	Língua Estrangeira III - Espanhol, Francês, Alemão	3	120	90	
	VA.DE.034	Matemática III	2	80	60	
	VA.DE.073	Física III	2	80	60	
	VA.DE.035	Qualidade de Vida e Meio Ambiente	2	80	60	
	VA.DE.036	Filosofia III	2	80	60	
	VA.DE.037	Sociologia III	1	40	30	
	VA.DE.047	Biologia	2	80	60	
	VA.DE.039	Projetos II	2	80	60	
	VA.DE.040	Prática de Extensão	2	80	60	
	VA.DE.133	Eleticidade Aplicada II	3	120	60	
	VA.DE.065	Eletrônica e Instrumentação	2	80	60	
	VA.DE.134	Fundamentos e Práticas de Refrigeração e Climatização II	5	200	150	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1320</b>	<b>960</b>	
Quarto ano	VA.DE.045	Língua Portuguesa IV	2	80	60	
	VA.DE.046	Educação Física IV	3	120	90	
	VA.DE.048	Filosofia IV	1	40	30	
	VA.DE.049	Sociologia IV	2	80	60	
	VA.DE.137	Geografia	4	160	120	
VA.DE.051	Gestão e Empreendedorismo	2	80	60		

VA.DE.052	Projetos III	2	80	60
VA.DE.068	Automação	3	120	90
VA.DE.135	Fundamentos de Refrigeração e Climatização III	4	160	120
VA.DE.136	Projeto de Refrigeração III	4	160	120
VA.DE.071	Manutenção, Qualidade e Segurança	2	80	60
VA.DE.072	Projeto de Climatização	2	80	60
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>33</b>	<b>1320</b>	<b>930</b>
<b>CARGA HORÁRIA DAS DISCIPLINAS</b>				<b>3973,33</b>
<b>ESTAGIO CURRICULAR</b>				<b>300</b>
<b>CARGA HORÁRIA TOTAL</b>				<b>4273,33</b>

## ANEXO II

Este anexo contém a entrevista com a diretora do programa do Protocolo de Montreal e Químicos das Nações Unidas para o desenvolvimento PNUD, a Doutora Suely Carvalho, publicada em outubro de 2011 na revista Abrava.

ENTREVISTA

Suely Carvalho

# Eliminação dos HCFCs sob a ótica do PNUD

*A Revista Abrava traz entrevista exclusiva com a Dra. Suely Carvalho, diretora do programa do Protocolo de Montreal e Químicos do Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento, em Nova Iorque, sobre o PBH, eliminação dos fluidos que agredem o meio ambiente e, ainda, traça um cenário de como as ações estão encaminbadas no mundo*

8.



Dra. Suely Carvalho, Diretora do Programa Global de Protocolo de Montreal e Químicos, PNUD, Nova Iorque

**N**esta edição especial de cobertura da 17ª Febrava e XII Conbrava, além dos eventos paralelos, um dos assuntos largamente discutidos na edição 2011 é a preservação do meio ambiente. Prova disso foi a presença do PNUD e Ministério do Meio Ambiente nas aberturas do congresso e feira. Diretora do Programa do Protocolo de Montreal e Químicos no Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, em Nova Iorque, e responsável por mais de 1.600 projetos, em 100 países, financiados por diferentes fontes de financiamento globais e bilaterais, a Dra. Suely Carvalho concedeu entrevista exclusiva para a Revista Abrava. O programa do PNUD para o Protocolo de Montreal e Químicos ultrapassa 600 milhões de dólares a nível mundial, atuando de forma catalisadora e trazendo importantes transformações nos mercados nacional e global. Sob sua coordenação o PNUD atua como agência líder para a implementação de Planos Nacionais de Eliminação de HCFCs em vários países, incluindo o Brasil, Índia e China. O PNUD

também gerencia a implementação de vários projetos demonstrativos em tecnologias emergentes, que são inofensivas a camada de ozônio e ao clima, em todas as regiões do mundo e em setores importantes. Sua liderança e contribuição para a proteção da camada de ozônio nos últimos 20 anos foi reconhecida em várias ocasiões em nível nacional e mundial, recebendo prêmios da Agência Ambiental Americana (US EPA), o premio Global do Ozônio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), dentre outros. Antes de trabalhar no PNUD, a Dra. Carvalho foi Diretora de Transferência de Tecnologia da CETESB, a Agência Ambiental do Estado de São Paulo.

***Apesar de podermos usar os HCFCs até 2030, qual a importância de iniciarmos já o PBH?***

A Decisão XIX/6 das Partes do Protocolo de Montreal (o órgão decisório mais importante) definiu por consenso um cronograma de eliminação acelerado dos HCFCs que, na prática, adiantará a eliminação dessas substâncias em 10 anos

a partir da definição da linha de base de consumo do país. Esta linha de base é definida pela média de consumo (que é a Importação mais Produção Local menos a Exportação de HCFCs) entre os anos de 2009 e 2010. O controle das metas de consumo de HCFCs (que no caso do Brasil se dá por importação, já que o país não produz essas substâncias) são: (i) congelar o consumo no mesmo nível da linha de base em 2013; (ii) reduzir 10% do consumo da linha de base, em 2015; (iii) reduzir 35% do consumo, da linha de base, em 2020; (iv) reduzir 67,5% do consumo, da linha de base, em 2025; e (v) reduzir 97,5% do consumo, da linha de base, em 2030. Será permitido um consumo de 2,5% da linha de base entre 2030 e 2040 para o setor de serviços. A linha de base e os sistemas de controle específicos são definidos internamente por cada país e são controlados em toneladas PDO (Potencial de Destruição do Ozônio) e não em toneladas métricas. Isto significa que, na primeira fase de eliminação (até 2015), os países em desenvolvimento terão que reduzir o seu consumo e a produção individual de HCFC em 10%. O mercado em geral terá que se adaptar para usar 90% do total de HCFCs em 2015 em comparação aos 100% que ele usava em 2009/2010. Considerando que o tempo disponível para realizar essa adaptação (ou seja, o tempo que "o mercado tem para se adaptar") é de 3 (três) anos e o volume de HCFCs que precisam ser eliminados é alto, é essencial que as atividades de suporte comecem imediatamente. Também é importante definir uma estratégia que impeça que um eventual aumento de consumo de HCFCs em um setor anule as reduções que vão ser obtidas

em outros setores, para assegurar a sustentabilidade das ações de cumprimento junto ao Protocolo de Montreal.

A Decisão das Partes XIX/6 também chama atenção para que os países membros do Protocolo de Montreal priorizem a adoção de substâncias alternativas aos HCFCs que minimizem os efeitos ambientais adversos e os impactos sobre a saúde e segurança (ex.: usar tecnologias seguras de baixo GWP). Assim, ao atin-

**Atualmente não existe um substituto perfeito ao HCFC-22 para o setor de ar condicionado (que seja inerte, eficiente e não inflamável)**

gir as metas de controle, é importante também assegurar que alternativas tecnológicas de alto GWP não sejam adotadas inadvertidamente pelo setor produtivo.

**Mundialmente que alternativas temos hoje para a substituição do HCFC-141b para o setor de espumas?**

Os três principais subsectores produtores de Espumas de Poliuretano (PU), que usam o HCFC-141b como agente de expansão, são: PU rígido (isolamento de aparelhos de refrigeração e em construção civil); PU para pele integral e flexíveis (usadas no

setor automotivo, de construção e moveleiro) e PU microcelular (solas de sapato). Cada sub-setor tem sua demanda específica sobre propriedades físicas e de aplicação nas espumas de PU.

Atualmente as tecnologias conhecidas para aplicação são os hidrocarbonetos (HCs: n, iso e ciclopentanos), água, hidrofluorcarbonos (HFCs), compostos alifáticos (Formiato de Metila e Metilal) e os hidrofluorcarbonos insaturados (HFOs). Cada tecnologia tem sua especificidade que envolve pontos positivos e algumas limitações, no entanto, nenhuma deles possui as mesmas propriedades para aplicação simultânea em todos os setores como é o caso dos HCFCs.

Por exemplo, algumas tecnologias são explosivas e/ou inflamáveis (como os HCs e os compostos alifáticos), algumas tem alto potencial de aquecimento global – GWP (como os HFCs) e outras são muito caras (como os HFOs). Existem algumas tecnologias emergentes que prometem ser de baixo GWP e não-inflamáveis, como os HFCs insaturados (HFOs), como o HBA-2, FEA-1100 e AFA-L1, mas ainda estão sob aprovação regulatória.

É importante notar que a seleção das alternativas tecnológicas será feita pela indústria e que se recomenda analisar cuidadosamente todos os fatores que afetam o desempenho, processabilidade, maturidade, economia, segurança, saúde e o meio ambiente.

**Mundialmente o que temos de alternativas para a substituição do HCFC-22 no setores de refrigeração e ar condicionado?**

Os dois principais setores que utilizam o HCFC-22 como fluido refrigerante são o de Refrigeração (aplicações de

baixa e média temperatura principalmente para conservação de alimentos) e de Ar Condicionado (aplicações de média e alta temperatura para conforto térmico e processos industriais).

**Refrigeração:** O setor de refrigeração tem mais alternativas viáveis para conversão, como a Amônia (NH<sub>3</sub>) e CO<sub>2</sub> (em sistemas de cascata), particularmente para uso em supermercados e em grandes sistemas. Sistemas de pequeno porte, com baixa carga, podem utilizar os HCs (ex: isobutano e propano), como é o caso de refrigeradores domésticos.

10.

**Ar-condicionado:** Nos últimos dez anos, aproximadamente, as tecnologias mais utilizadas para substituição do HCFC-22 foram o R-407C e o R-410A. Essas substâncias são misturas (blends) azeotrópicas não inflamáveis compostas de HFCs com alto GWP (potencial de aquecimento global). Ambas contêm o HFC-32 como componente principal. O HFC-32 provê o desempenho requerido com um GWP relativamente baixo (675), no entanto ele é moderadamente inflamável. Para diminuir ou eliminar o risco de inflamabilidade, são, então, adicionados outros componentes como o HFC-125 ou o HFC-134A, ambos com índices de aquecimento global altos ou muito altos (GWP).

Atualmente não existe um substituto perfeito ao HCFC-22 para o setor de ar condicionado (que seja inerte, eficiente e não inflamável). Recentemente o Propano (R-290) foi introduzido em sistemas estacionários de ar condicionado proporcionando um desempenho aceitável, porém altamente inflamável. Assim, existe limitação para a carga máxima permitida em aparelhos baseados em regulamentações e normas técnicas internacionais.

O HFC-32 como substância pura (única, não misturada) substituta ao HCFC-22 está sendo introduzido neste setor e proporciona o atendimento de altos índices de eficiência energética com pouca carga de fluido no sistema, contudo continua sendo moderadamente inflamável e tem altas temperaturas de descarga.

Em ambos os setores (Refrigeração e Ar Condicionado) existem tecnologias emergentes que incluem misturas (blends) de hidrofluorcarbonos saturados e insaturados (HFCs e HFOs) e também algumas novas moléculas que podem ser introduzidas no mercado dentro de 3 a 5 anos.

Novamente, a seleção das alternativas tecnológicas deve ser feita pela indústria e se recomenda analisar cuidadosamente todos os fatores que afetam o desempenho, processabilidade, maturidade, economia, segurança, saúde e o meio ambiente.

Nestes dois setores, também é importante considerar uma abordagem sobre o ciclo de vida do produto ao estabelecer fatores de desempenho e aplicabilidade. Aplicações de refrigeração e ar condicionado são intensivas no consumo de energia elétrica e podem ser responsáveis por até 70% das emissões de CO<sub>2</sub> na categoria de uso de energia. Assim, a eficiência energética é um parâmetro crítico a ser considerado na seleção de tecnologias.

***Temos alguma perspectiva de implantarmos incineração dos CFCs, HCFCs e HFCs no Brasil?***

Fatores importantes devem ser levados em consideração ao se analisar a destruição desses fluidos sintéticos. Em primeiro lugar, estes fluidos precisam ser recicla-

dos, recuperados e reutilizados na medida do possível, pois isso minimiza o consumo de fluidos "virgens". Segundo, apenas fluidos contaminados e/ou completamente indesejados ou não reutilizáveis devem ser considerados para a destruição. Terceiro, o processo de destruição – seja qual for a tecnologia empregada – deve ser ecologicamente sustentável, assim como financeiramente viável.

Existem milhares de toneladas de CFCs, HCFCs e HFCs contidas em produtos e equipamentos em uso em um país como o Brasil. Para que estas substâncias não sejam emitidas para a atmosfera no final da vida destes produtos e equipamentos, há de se estabelecer uma regulamentação abrangente sobre o manejo e a infra-estrutura que garanta que a coleta (incluindo recuperação, reutilização e reciclagem), transporte e destruição das substâncias sejam feitas de forma responsável e sustentável, e em conformidade com padrões e normas internacionais vigentes.

Também é necessário assegurar que essas substâncias não sejam produzidas (e importadas) somente para serem destruídas, ou seja, evitar quaisquer incentivos "perversos" para a destruição. Assim, normas e regulamentos que identifiquem, rastreiem e classifiquem estas substâncias indesejáveis (vindas de fontes indesejadas) precisarão ser estabelecidas, juntamente com salvaguardas para garantir que apenas substâncias contaminadas e/ou não-reutilizáveis, advindas de fontes confiáveis, sejam realmente as destruídas. Neste ponto, é importante a execução conjunta de atividades entre o poder público e a iniciativa privada (como parcerias) que ajudem a identificar estas fontes, retirar e manejar essas substâncias de forma segura e controlar sua destruição.

ção numa atividade ampla que também inclua a destinação e/ou disposição final do produto como um todo, a exemplo dos programas conjuntos de eficiência energética com troca de refrigeradores e reciclagem dos seus componentes.

O PNUD atualmente está apoiando o governo do Brasil para desenvolver um projeto demonstrativo de destruição no país, cujo objetivo é servir como um modelo de gestão responsável de SDOs contaminadas e/ou não-reutilizáveis, e que poderá ser replicado em larga escala.

*Temos visto na mídia especializada que a China está estudando a substituição do HCFC-22, pelo HFC-32, você tem*

*informações do estágio em que se encontram esses estudos?*

O PNUD é a agência líder para a implementação do Plano de Gestão da Eliminação dos HCFCs (HPMP) na China e está implementando a eliminação progressiva dos HCFCs no sector de ar condicionado comercial e industrial. A China é líder mundial na fabricação e exportação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Como tal, todas as tecnologias atuais comercialmente viáveis na China serão implementadas nos setores de refrigeração e ar condicionado. Para aparelhos de ar condicionado de janela e split, China decidiu implementar as tecnologias baseadas em R-410A e

R-290. Para aparelhos de ar condicionado comerciais, China irá adotar as tecnologias R-410A e R-32.

Atualmente, a Associação das Indústrias de Refrigeração e Ar condicionado da China (CRAA) está realizando um estudo para determinar os requisitos de normas de segurança adequadas para uso do R-32 nos equipamentos de ar condicionado. Os resultados deste estudo seriam usados para reformular estas normas, e é um componente essencial na execução do plano de eliminação progressiva desse setor na China, como parte do HPMP.

*Você acredita que num curto prazo de tempo já teremos pressões no combate*

.11.

*aos HFCs devido a contribuírem com aquecimento Global, ou as discussões entorno de substituir o "Phase-out" dos HFCs por um "Phase Down" defendido por vários fabricantes e entidades, poderão retardar a eliminação inclusive nos países do primeiro mundo?*

A situação jurídica atual dos HFC é a de que eles fazem parte da "cesta" de gases de efeito estufa (GHG), cujas emissões são controladas no âmbito do protocolo de Quioto. Note que o protocolo de Quioto, em sua forma atual, controla as emissões globais de seis gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, HFCs e PFCs), mas não abrange a produção e o consumo destas substâncias individuais.

12.

Há uma proposta conjunta apresentada por Canadá, México e Estados Unidos, para uma alteração (Emenda) ao Protocolo de Montreal, a fim de incluir os HFCs como substâncias cuja produção e o consumo seriam controlados por este Protocolo. As duas principais justificativas pelos proponentes desta Emenda são as que organismos do Protocolo de Montreal tem a experiência, especialização e estruturas para controlar eficazmente os HFCs – tendo em vista que as principais partes interessadas (indústrias) são as mesmas para as outras substâncias (CFC, HCFC, etc), que já são controlados no âmbito do Protocolo de Montreal. Além disso, o Protocolo tem provado ser um Tratado internacional muito eficaz, com a ratificação universal e um mecanismo financeiro com inegável histórico de sucesso.

A segunda justificativa é que, devido a alto potencial de aquecimento global dos HFCs e o crescimento significativo previsto em sua produção e consumo até 2050, acredita-se que colocá-los sob controle do Protocolo de Montreal resultará em signifi-

ficativos e garantidos benefícios ao clima, a custos mais reduzidos e de forma mais rápida – já que, atualmente, HFC é apenas uma das seis substâncias na "cesta" de Quioto cuja as negociações no UNFCCC para um regime pós-2012 continuam muito prolongadas e não incluem a consideração dos controles de substâncias individuais.

A comunidade internacional percebe claramente o potencial de impactos adversos no clima que a produção e consumo descontrolados de HFC de alto GWP poderiam causar. Assim, há também esforços simultâneos para evitar a introdução de alternativas aos HCFCs de alto GWP, em resposta a Decisão XIX/6 das Partes do Protocolo de Montreal. Por exemplo, Indonésia e Japão tomaram um passo corajoso recentemente ao aprovar a seleção do HFC-32 em substituição ao HCFC-22 na fabricação de aparelhos de ar condicionado, ao invés de manter o cenário de "Business As Usual", em que seria adotado o R-410A (que tem um alto potencial de aquecimento global). Isso foi feito através de uma parceria de sucesso entre o governo e a indústria, nesse caso a Panasonic Indonésia.. O HFC-32 possui um GWP bem mais baixo que o R-410A, de maior eficiência energética e requer menos carga. Com isso os benefícios ao clima da eliminação do HCFC-22 serão maximizados em mais de 60%.

*O site [www.hydrocarbons21.com](http://www.hydrocarbons21.com) publicou em julho deste ano que um grande fabricante Chinês lançou uma linha de Split com o refrigerante R-290 o que de certa forma contraria a tendência da China de ir para o R-32. O que você pensa sobre isso, você acha que este refrigerante pode vir a ser adotado por outros fabricantes e se firmar como uma alternativa?*

Como mencionado anteriormente, a China é o centro global de fabricação o de exportação de aparelhos de ar condicionado. Por esse motivo – e devido ao tamanho da capacidade de manufatura instalada no país e da grande diversificação de suas linhas produtivas – nós acreditamos que a China não terá apenas uma única tecnologia alternativa ao HCFC-22, mas irá garantir que todas as tecnologias alternativas que sejam seguras, técnica e comercialmente viáveis estarão disponíveis por seus fabricantes.

A linha de produção de aparelhos de ar condicionado tipo "split" com tecnologia R-290 foi estabelecida através de uma concessão do governo da Alemanha, e é a primeira de seu tipo. Enquanto esta linha de produção é instalada, acreditamos que a introdução comercial dos aparelhos de ar condicionado "split" baseados no R-290 nos mercados chineses – assim como outros – levará tempo. Isso ocorre porque regulamentações e normas técnicas chinesas sobre produtos com substâncias inflamáveis voltados ao consumidor precisarão ser adequadas de acordo com as demandas técnicas de cada tecnologia. Além disso, uma infra-estrutura de segurança em nível do consumidor precisará ser estabelecida para que os hidrocarbonetos como R-290 possam ser gerenciados com segurança durante a vida útil destes aparelhos de ar condicionado. Isso pode incluir alteração das regulamentações relativas à rotulagem e armazenamento dos aparelhos, treinamento e formação de competências e certificação dos técnicos mantenedores, novos paradigmas de manutenção e do próprio padrão de produto existente para aparelhos de ar condicionado afim de para garantir o funciona-

mento seguro com hidrocarbonetos.

No âmbito da implementação do plano da China (HPMP) e para habilitar este país a cumprir com as reduções de HCFCs necessárias ao curto prazo, outras tecnologias, como R-410A e R-32, serão também adotadas e que também podem exigir modificações às normas e regulamentos. Não há dúvida, no entanto, que até 2015 haverá aparelhos de ar condicionado disponível no mercado baseados em diversas tecnologias de refrigeração. Novas tecnologias com melhor desempenho técnico e ambiental também deverão surgir dentro de 3-5 anos.

*Em relação a ambos R-32 e R-290, exis-*

*tem preocupações sobre as questões ligadas segurança, qualificação de mão de obra, inflamabilidade etc., como você e mesmo o PNUD, vê essas questões?*

Nas últimas duas décadas no âmbito do Protocolo de Montreal, a comunidade internacional e a indústria acumularam rica experiência em lidar com alternativas inflamáveis, por exemplo, no caso de refrigeradores domésticos, em que tanto a espuma como o fluido refrigerante foram convertidos para hidrocarbonetos com êxito. Para tal, foram necessárias modificações de normas e padrões, assim como treinamento de segurança e certificação para os operadores e técnicos mantenedores.

O desafio é na verdade mais significativo no caso de aparelhos de ar condicionado, devido às maiores quantidades de carga de refrigerante envolvidas. Muitos grandes mercados nos países desenvolvidos, como Estados Unidos, Europa e Japão, não permitem refrigerantes inflamáveis no ar condicionado, por exemplo.

Além disso, aparelhos de ar condicionado são grandes consumidores de energia, portanto uma abordagem mais abrangente, como a do ciclo de vida, é necessária para avaliar tanto os problemas de desempenho como de segurança. Assim, as preocupações de segurança precisam também ser consideradas no contexto da eficiência energética. Se houver uma

economia significativa no consumo de energia, temos a certeza que a indústria vai chegar a soluções para os problemas de segurança de forma satisfatória.

*Você poderia nos dar uma panorâmica do cenário atual com relação aos fluidos alternativos sintéticos de baixo potencial de aquecimento global como o R1234yf e o HFO mix, em sua opinião existe espaço para esses alternativos?*

Os produtores dessas moléculas alternativas seriam, certamente, melhor qualificados para responder a estas perguntas. Pelo que entendo, o HFO-1234yf - que é desenvolvido em parceria pela Honeywell e Dupont - é um fluido tipo HFC insaturado com baixo GWP (apenas 4), especificamente concebido como um substituto para o HFC-134a em aplicações de ar condicionado automotivo (MAC). Isso aconteceu como resposta ao novo regulamento da União Européia de limitar para 150 o GWP máximo em aplicações neste sub-setor a partir de Janeiro de 2011. Atualmente, o HFO-1234yf é aprovado para uso na China, Alemanha, Japão e Coreia. Acreditamos que as aprovações regulatórias em outros principais países também irão ocorrer. As propriedades do HFO-1234yf parecem estar mais próximas das dos HFC-134a e CFC-12. Isto pode torná-lo inadequado como um substituto direto para HCFC-22 em condicionadores de ar estacionários. No entanto, há indicações de que os ensaios com HFOs misturados com outras substâncias de GWP baixo/moderado que estão em andamento, podem ocupar esta lacuna. Nenhuma dessas "misturas de HFOs" é comercializada ainda, por isso é prematuro chegar a qualquer conclusão agora. Nos próximos

anos, nós esperamos ver muitas combinações diferentes, bem como novas moléculas, entrando no mercado.

O PNUD tem estado sempre na vanguarda, avaliando alternativas emergentes através de projetos de demonstração em países em desenvolvimento e em vários setores. Estamos, naturalmente, muito abertos a realização de tais projetos demonstrativos, tanto dentro como fora do âmbito do Fundo

## 14. Mercados emergentes estão apenas florescendo para as empresas que fabricam e comercializam equipamentos de refrigeração e ar-condicionado

Multilateral do Protocolo de Montreal, em cooperação com parceiros/doadores bilaterais e a indústria.

*Qual a mensagem que você gostaria de enviar ao setor de refrigeração e ar condicionado do Brasil?*

Globalmente, os setores de refrigeração e ar condicionado estão passando por uma grande revolução tecnológica. A base de fabricação para aparelhos de ar condicionado, ao longo dos anos, tem se deslocado para países em desenvolvimento, principalmente na região da Ásia e Pacífico,

por causa da China. Nós também sabemos muito bem que a popularidade dos equipamentos de refrigeração e ar condicionado está aumentando rapidamente nos países em desenvolvimento, devido ao aumento do poder de compra e a expansão da classe média nestes locais.

Estes fenômenos estão coincidindo com as medidas de controle para eliminação dos HCFCs, o que significa que mercados emergentes estão apenas florescendo para as empresas que fabricam e comercializam equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Mudanças de base tecnológica nestes equipamentos precisarão ser feitas por razões ambientais, como parte das obrigações internacionais com o Protocolo Montreal. Agora que os países em desenvolvimento estão se tornando as principais bases de fabricação destes equipamentos, a indústria deve assumir mais responsabilidades e liderar as mudanças tecnológicas, ao invés de esperar para que os países desenvolvidos o façam.

Equipamentos de refrigeração e ar condicionado consomem muita energia, contribuindo em cerca de 40-50% do consumo de energia de um edifício, ou até mais. Portanto, temos agora uma oportunidade única para tornar os produtos brasileiros altamente eficientes (o que vai posicionar os fabricantes de forma mais favorável frente aos mercados consumidores em todo o mundo) e com tecnologias alternativas de baixo GWP alcançando, assim, metas ambientais, tecnológicas e comerciais simultaneamente.

A indústria brasileira precisa aproveitar ao máximo essa oportunidade única, que irá ajudá-la a dar um salto tecnológico, obter uma maior parcela do mercado consumidor, e ao mesmo tempo contribuir para a proteção do meio ambiente. [2]

## ANEXO III

Este anexo contém a ementa da disciplina de Física para o primeiro ano do curso de Técnico Integrado em Refrigeração e Climatização.

<b>DISCIPLINA: Física</b>	
<b>Vigência:</b> 02/2011 a 12/2011	<b>Período Letivo:</b> Primeiro
<b>Carga Horária Total:</b> 66,6 h	<b>Código:</b> XXXX
<b>Ementa:</b> A disciplina de Física propõe-se a estudar os fenômenos da natureza em seus aspectos gerais, onde, por meio de modelos e teorias busca explicar as propriedades e comportamentos da matéria e da energia, cuja análise serve de suporte à compreensão da evolução do conhecimento científico e das tecnologias contemporâneas.	

### **Conteúdos:**

#### UNIDADE I - Tópicos de História da Física

- 1.1 A Física no período Aristotélico
- 1.2 A Física no Renascimento
- 1.3 A Física no século XX

#### UNIDADE II - Gravitação universal

- 2.1 Sistema solar
- 2.2 Leis de Kepler
- 2.3 Formações de eclipses
- 2.4 Fases da lua

#### UNIDADE III - Termologia

- 3.1 Escalas termométricas
- 3.2 Dilatação térmica de sólidos, líquidos e gases
- 3.3 Calorimetria
- 3.4 Transmissão de calor
- 3.5 Estados físicos da matéria
- 3.6 Gases ideais
- 3.7 Noções de Termodinâmica e máquinas térmicas

#### UNIDADE IV - Óptica

- 4.1 Princípios da Óptica Geométrica
- 4.2 Reflexão da luz
- 4.3 Refração da luz
- 4.4 Noções de Óptica Física

### **Bibliografia Básica**

ALVARENGA, Beatriz. MÁXIMO, Antonio. *Física*. Vol. 2 e 3. São Paulo: Scipione, 2008.

CALÇADA, C. S; SAMPAIO, J. L. *Física Clássica* – Vol. 2 e 3. São Paulo: Atual, 1998.

GASPAR, Alberto. *Física*. Vol. único. São Paulo: Ática, 2005.

GRF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Leituras de Física* - Física térmica. Instituto de Física da USP. 1998.

### **Bibliografia Complementar**

CARRON, W. GUIMARÃES, O. *As Faces da Física*. 3ª ed., São Paulo: Moderna, 2006.

FERRARO, N. G; SOARES, P. A. T; TORRES, C. M. *Física Ciência e Tecnologia*. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2010.

FEYNMAN, R. P. LEIGHTON, R. B. SANDS, M. *Lições de Física de Feynman*. Edição Definitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GALILEI, G. *Ciência e Fé*. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

GONÇALVES, F. A; TOSCANO, C. *Física e Realidade* – Vol. 2 e 3. São Paulo: Scipione, 2006.

HEWWITT, P. G. *Física Conceitual*. São Paulo: Bookman, 2002.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: Mecânica*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 2002

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2002.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade, Física Quântica*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2002.

PIRES, A. S. T. *Evolução das Idéias da Física*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

TAKIMOTO, E. *História da Física na sala de aula*. São Paulo: Livraria da Física, 2009.

TIPLER, P. A; MOSCA, G. *Física para Cientistas e Engenheiros* – Vol. 2 e 3. São Paulo: LTC, 2006.

VALADARES, E. C. *Física Mais Que Divertida*. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

WALKER, J. *O Circo Voador da Física*. Rio de Janeiro: LTC, 2008.