



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Educação

Mestrado Profissional Educação e Docência

Ramon Gonçalves de Limas Junior

SENSAÇÃO TÉRMICA E CONFORTO TÉRMICO: temáticas promissoras para uma contextualização do ensino de Física Térmica

Belo Horizonte

2023

Ramon Gonçalves de Limas Junior

SENSAÇÃO TÉRMICA E CONFORTO TÉRMICO: temáticas promissoras para uma contextualização do ensino de Física Térmica

Dissertação apresentada à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais FAE/UFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências do Mestrado Profissional em Educação

Orientador: Prof. Dr. Juarez Melgaço Valadares

Belo Horizonte

2023

L732s
T

Limas Junior, Ramon Gonçalves de, 1993-
Sensação térmica e conforto térmico [manuscrito] : temáticas promissoras para uma contextualização do ensino de física térmica / Ramon Gonçalves de Limas Junior. -- Belo Horizonte, 2023.
143 f. : enc, il., color.

Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.
[Inclui apêndice com produto educacional com o título "Sensação térmica e conforto térmico: contextualizando o ensino de física". Apêndice E. f. 111-143].
Orientador: Juarez Melgaço Valadares.
Bibliografia: f. 83-85.
Apêndices: f. 86-143.

1. Educação -- Teses. 2. Física -- Estudo e ensino (Ensino médio) -- Teses. 3. Termodinâmica -- Estudo e ensino -- Teses. 4. Ciências (Ensino médio) -- Estudo e ensino -- Teses. 5. Conforto térmico -- Estudo e ensino -- Teses.
I. Título. II. Valadares, Juarez Melgaço, 1961-. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 530.7



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/PROMESTRE

FOLHA DE APROVAÇÃO

A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA E AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO

RAMON GONÇALVES DE LIMAS JUNIOR

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós- Graduação em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, área de concentração ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2023, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Juarez Melgaco Valadares (Doutor)
Profa. Eliane Ferreira de Sá (Doutora)
Prof. Paulo Henrique Dias Menezes (Doutor)

Belo Horizonte, 05 de maio de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Teresinha Fumi Kawasaki, Coordenador(a) de curso**, em 05/05/2023, às 12:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2278482** e o código CRC **126162ED**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP



ATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO DO ALUNO RAMON GONÇALVES DE LIMAS JUNIOR

Realizou-se, no dia 28 de fevereiro de 2023, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, da Universidade Federal de Minas Gerais, a 402ª defesa de dissertação, intitulada *A construção de uma ferramenta para o ensino de Física térmica e avaliação de conforto térmico*, apresentada por RAMON GONÇALVES DE LIMAS JUNIOR, número de registro 2020664245, graduado no curso de FÍSICA/DIURNO, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Juarez Melgaco Valadares - Orientador (UFMG), Prof(a). Eliane Ferreira de Sá (Universidade Estadual de Minas Gerais), Prof(a). Paulo Henrique Dias Menezes (Universidade Federal de Juiz de Fora).

A Comissão considerou a dissertação:

- Aprovada
 Reprovada
 Aprovada com indicação de correções

A Banca sugeriu e o candidato acatou a mudança do título da dissertação para:

**A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA
TÉRMICA E AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO**

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 28 de fevereiro de 2023.

Documento assinado digitalmente
gov.br JUAREZ MELGACO VALADARES
Data: 08/03/2023 16:50:01-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof(a). Juarez Melgaco Valadares (Doutor)

Prof(a). Eliane Ferreira de Sá (Doutora)

Prof(a). Paulo Henrique Dias Menezes (Doutor)

RESUMO

A disciplina de Física geralmente não é muito popular entre os estudantes do Ensino Médio, e os motivos dessa impopularidade são facilmente percebidos quando se ouve os alunos. Destacam-se a utilização excessiva e desnecessária de ferramentas matemáticas, bem como a forma como é ensinada, muitas vezes com foco em problemas muito abstratos e distantes da realidade da maioria dos estudantes. O objetivo nuclear desta pesquisa é promover a contextualização do ensino de Física Térmica por meio de uma sequência de aulas sobre sensação térmica e conforto térmico em ambientes diversos e estimular uma maior participação dos estudantes. A pesquisa foi realizada com cinco estudantes do Ensino Médio que não estão vinculados com turmas nas quais o professor-pesquisador atua. A sequência de seis aulas foi ministrada em um conjunto de dez encontros, um maior número de encontros foi necessário para se adequar às necessidades dos participantes. Todos os dez encontros foram gravados, e as falas dos encontros foram transcritas para a análise do professor-pesquisador. Ao longo de toda sequência de aulas, foi possível perceber que os estudantes tiveram muita participação. Muitas das atividades propostas os colocaram no centro do processo de aprendizagem. O evidente envolvimento dos estudantes foi potencializado por atividades em que eles precisavam ser ativos como: a análise frase a frase dos textos problematizadores, a construção coletiva de textos problematizadores, a construção e aprimoramento do check list, e os constantes pedidos do professor-pesquisador em avaliar a qualidade das aulas. Durante as aulas, foi frequente a introdução de elementos de estudo que o professor-pesquisador não havia preparado, e foram incorporados por demanda dos estudantes. Na reflexão sobre os temas, os estudantes também optaram, com frequência, por uma forma de analisar a situação que não é “livresca”, eles pensaram nos fenômenos acontecendo de maneira simultânea e não compartimentada como as vezes acontece durante o ensino dos conceitos. A complexidade das situações dos textos problematizadoras também estimulou nos estudantes o aprofundamento de alguns conceitos. Para finalizar, podemos afirmar que a utilização dos temas da sensação térmica e do conforto térmico cumpriu com as finalidades desta pesquisa. Gostaríamos de que os estudantes percebessem um outro lado da disciplina da Física: aquele que consegue dialogar com situações reais e não somente com situações idealizadas dos livros, aquele que comunica com outras áreas do conhecimento e aquele que não depende exclusivamente da utilização e manipulação de fórmulas matemáticas para ser compreendido. Esperamos que essa pesquisa e seus materiais sobre o conforto térmico produzidos estimulem outros professores e professoras de Física, Biologia, Ciências e áreas correlatas a contextualizarem os seus ensinamentos com a mesma temática desta pesquisa. E que as experiências aqui relatadas sejam aprimoradas por outros profissionais, e que consigamos estudantes mais participativos e motivados, e com isso uma que uma melhora ainda que singela na qualidade do ensino de Física ocorra.

Palavras-chave: Ensino de Física. Conforto Térmico. Ensino de Ciências.

ABSTRACT

Physics is generally not very popular among high school students, and the reasons for this unpopularity are easily perceived when listening to the students. The excessive and unnecessary use of mathematical tools, as well as the way it is taught, often focusing on highly abstract problems that are far removed from the reality of most students, are highlighted. The core objective of this research is to promote the contextualization of Thermal Physics teaching through a sequence of lessons on thermal sensation and comfort in various environments, and to encourage greater student participation. The research was conducted with five high school students who are not associated with classes where the teacher-researcher works. The sequence of six lessons was delivered in a set of ten meetings, with a greater number of meetings required to accommodate the participants' needs. All ten meetings were recorded, and the speeches were transcribed for analysis by the teacher-researcher. Throughout the entire sequence of lessons, it was possible to perceive that the students had high levels of participation. Many of the proposed activities placed them at the center of the learning process. The evident involvement of the students was enhanced by activities in which they needed to be active, such as analyzing the problematic texts sentence by sentence, collectively constructing problematic texts, creating and improving checklists, and the constant requests of the teacher-researcher to assess the quality of the lessons. During the lessons, there was frequent introduction of study elements that the teacher-researcher had not prepared, which were incorporated based on the demand of the students. In reflecting on the topics, students often opted for a way of analyzing the situation that is not 'bookish'; they thought about phenomena happening simultaneously and not compartmentalized as sometimes happens during the teaching of concepts. The complexity of the problematic texts situations also stimulated students to deepen their understanding of some concepts. To conclude, we can affirm that the use of the topics of thermal sensation and thermal comfort fulfilled the purposes of this research. We aimed for the students to perceive another side of the Physics discipline: the one that can dialogue with real situations and not only with idealized situations from books, the one that communicates with other areas of knowledge, and the one that does not depend exclusively on the use and manipulation of mathematical formulas to be understood. We hope that this research and its materials on thermal comfort will inspire other Physics, Biology, Science, and related areas teachers to contextualize their teachings with the same theme as this research. We also hope that the experiences reported here will be improved by other professionals, leading to more participative and motivated students, and thus, even a slight improvement in the quality of Physics teaching.

Keywords: Physics Education. Thermal Comfort. Science Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Agitação Molecular (Calor e Temperatura)	36
Figura 2 — Difusão	37
Figura 3 — Radiação Solar	37
Figura 4 — Fotografia Térmica.....	38
Figura 5 — Esquema de transferência de calor	38
Figura 6 — Correntes de convecção no aquecimento da água.....	38
Figura 7 — Convecção Térmica.....	39
Figura 8 — Moléculas e Luz	39
Figura 9 — Fórmula de voto médio previsto	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Sequência de Aulas.....	24
Quadro 2 — Fatores relevantes para a Sensação Térmica.	60
Quadro 3 — Categorias relevantes para a Sensação Térmica.	63
Quadro 4 — Valores atribuídos às categorias.	66
Quadro 5 — Quantitativo e percentual de falas do estudante Z.....	71
Quadro 6 — Falas Totais do estudante Z, por aula.	72
Quadro 7 — Quantitativo e percentual de falas do estudante Y.	73
Quadro 8 — Falas Totais da estudante Y, por aula.	74
Quadro 9 — Quantitativo e percentual de falas do estudante X.	75
Quadro 10 — Falas Totais da estudante X, por aula.	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivo geral	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	13
2.1 A concepção de contextualização	13
2.2 Temperatura e Calor: Uma pequena revisão bibliográfica	17
2.3 Codificação e descodificação: recorrendo à Paulo Freire.....	20
3 METODOLOGIA.....	23
4 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE AULA.....	29
4.1 Aula I - Conversando sobre o questionário	30
4.2 Aula II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)	31
4.3 Aula III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial).....	41
4.4 Aula IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação).....	49
4.5 Aula V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial).....	54
4.6 Aula VI – Construindo, Avaliando e Usando o <i>Check List</i> de Sensação Térmica	59
5 ANÁLISE DA TRAJETÓRIA DOS ESTUDANTES.....	70
5.1 A trajetória do estudante Z: melhorando a relação com a disciplina de Física	70
5.2 A trajetória da estudante Y: o interesse pelos conceitos científicos	73
5.3 A trajetória da estudante X: problematizando ainda mais.	75
6 CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
APÊNDICE A - Investigando a Sensação Térmica	86
APÊNDICE B - O Que Já Vimos Até Aqui.....	88
APÊNDICE C - Construção do Check List	104

APÊNDICE D - Estudos de Umidade Usando o <i>Heat Index</i> e Estudos de Ventilação Usando o <i>Wind Chill</i>	107
APÊNDICE E - Produto Educacional	111

1 INTRODUÇÃO

A disciplina de Física geralmente não costuma gozar de grande popularidade entre os estudantes do Ensino Médio, e esta é uma percepção bastante corriqueira entre os professores desse conteúdo. Tal percepção é confirmada por meio de pesquisa bibliográfica realizada por Buss (2017, p. 242), que afirma que:

Diversas pesquisas (MOREIRA, 1983, ALMEIDA, 1992, JÚNIOR, 2002, PIETROCOLA, 2002, RICARDO; FREIRE, 2007, MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008, MORAES, 2009, SANTOS; VELOSO; KALHIL, 2015) têm mostrado que a relação entre a disciplina e os estudantes não é nada agradável e que muitos prefeririam não passar por ela se isso fosse possível (MOREIRA, 1983).

Os motivos desta impopularidade são também facilmente percebidos quando a escuta dos estudantes é realizada, e dentre eles se destacam a utilização excessiva e/ou desnecessária de ferramentas matemáticas, e ao modo como muitas vezes a Física é ensinada, focando em problemas muito abstratos e distantes da realidade da maioria dos estudantes. Buss (2017, p. 206), ao analisar as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) do ano 2002 para a disciplina de Física, afirma que o documento:

[...] não poupa críticas em relação ao modo como a Física vem sendo ensinada salientando que: sua apresentação é desarticulada e distanciada da realidade dos alunos, usa da teoria e da abstração em detrimento da abordagem de situações mais concretas, faz utilização exagerada de fórmulas e de aplicações matemáticas, abusa da repetição de exercícios privilegiando a memorização e não a construção do conhecimento[...]

Freire e Ricardo (2007) investigaram a percepção de noventa estudantes dos 1º e 3º anos Ensino Médio do Distrito Federal acerca da disciplina de Física, tendo a pergunta “Você gosta de estudar física? Por quê?” sido respondida como “Não” ou “Às vezes” por 51% dos estudantes e “Sim” por 45,5% dos estudantes. Freire e Ricardo (2007, p. 253) constataam que “[...] o que poderia parecer uma aceitação razoável esconde que cerca de um terço desse percentual fez essa afirmação porque gosta de cálculos [...]”, ou seja, excluindo estes estudantes com interesses matemáticos, temos cerca de 30% de respostas “Sim” por motivos alheios à disciplina de matemática. Investigando o porquê das respostas “Sim”, foi detectado um número significativo de justificativas que envolvem a necessidade da Física para concursos e vestibulares (FREIRE; RICARDO, 2007). As justificativas que envolvem o prazer e interesse pelos conteúdos da Física também estiveram presentes, embora não em maior número, e os autores fazem a ressalva de que: “[...]esse sentimento foi mais comum nos

alunos de primeiro ano, os quais ainda viram pouca coisa da disciplina[...]”.(FREIRE; RICARDO, 2007,p. 254).

Outra investigação importante de Freire e Ricardo (2007) diz respeito à pergunta “Qual a diferença você vê entre a física e a matemática?”, tendo sido obtidas 35,5% de respostas com a opção “Tem Diferença” e 56,3% de respostas sendo “Não tem diferença” ou “Pouca Diferença”. Aliado a isso, significativo número dos estudantes que responderam “Não” à pergunta “Você gosta de estudar Física? Por quê?” creditou a aspectos matemáticos o pouco ou nenhum prazer pelos conteúdos da Física. Deste modo, é importante que se dê atenção à influência da Matemática na percepção da disciplina de Física pelos estudantes, pois um uso excessivo dela parece estar minando o interesse de grande parcela dos estudantes (ainda que seja um motivo forte de interesse de parte minoritária deles).

Atuando como professor de Física para o Ensino Médio, de escolas públicas, tenho percebido duas caracterizações importantes: em primeiro, muitos estudantes não reconhecem a presença dos fenômenos físicos no dia a dia. Em segundo, essa falta de reconhecimento afeta significativamente o envolvimento dos estudantes nas aulas. Em resposta a estes problemas, tenho incitado a identificação e construção, por parte dos estudantes, de explicações de fenômenos físicos do dia a dia; inicialmente de modo despreocupado e com progressiva apropriação dos conceitos da Física. Em nossa interpretação percebemos que esse movimento de identificação tem contribuído para que o envolvimento dos estudantes com os conteúdos disciplinares aumentasse durante as aulas.

Tendo como pano de fundo essa discussão, propomos apresentar, neste trabalho, um tema muito presente no cotidiano de todos, cuja discussão envolve vários conceitos da Física: o conforto térmico. O objetivo nuclear desta pesquisa é promover a contextualização do ensino de Física Térmica por meio de uma sequência de aulas sobre sensação térmica e conforto térmico em ambientes diversos e estimular uma maior participação dos estudantes. A sequência de aulas, que consta em apêndice, foi construída e reconstruída com base nas interações dos estudantes com as aulas que abordaram vários conceitos físicos necessários ao entendimento do conforto térmico. Deste modo, o ensino será contextualizado, ampliando e aprofundando o aprendizado dos estudantes. Esperamos ainda, que, após o término da sequência de aulas, ela possa servir de referência para outros professores (de Física ou não) que pretendam mobilizar os estudantes com um problema real e presente na vida de todos, que é a busca pelo conforto térmico.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral é a construção de uma sequência de aulas sobre o conforto térmico e seus diversos aspectos que possa ser utilizada como material didático por professores de Física, Ciências e áreas correlatas ao tema, visando tanto mostrar ao estudante os conceitos da física presentes nos fenômenos do cotidiano quanto estimular uma participação mais ativa dos mesmos.

1.2 Objetivos específicos

- a) Propor uma contextualização do ensino de Física a partir do estudo do conforto térmico;
- b) Construir um *Check List* com os estudantes para avaliar o conforto térmico de ambientes diversos, internos e externos à escola.
- c) Avaliar a pertinência da sequência de aulas na construção do *Chek List*.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 A concepção de contextualização

Tendo em mente os objetivos gerais e específicos desta pesquisa, o estímulo a uma participação mais ativa dos estudantes nas aulas da disciplina de Física por meio de uma abordagem contextualizada do ensino de Física por meio do tema conforto térmico, serão discutidas definições de contextualização existentes na literatura que dialogam com a concepção de contextualização que será utilizada ao longo desta pesquisa.

A ideia de contextualização pode ser entendida de múltiplas formas. Nesta pesquisa, utilizaremos como referência algumas formas de entendimento deste conceito contidas em documentos orientadores, como a versão final da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNEM) em sua versão mais atualizada, as Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNem) de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+ Ensino Médio), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG), bem como o entendimento de alguns autores sobre o conceito.

Analisando tais ideias de contextualização, é possível perceber que elas se enquadram em quatro categorias: I) Contextualização como meio de atingir um objetivo explicitado, II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades, III) Contextualização como ferramenta de aprendizagem/ recurso pedagógico/recurso didático/ ferramenta estimuladora e IV) Contextualização é diferente de mera exemplificação.

O termo “aprendizagem significativa” utilizado, vai de encontro à definição de Moreira (2010):

[...] a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Neste processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2010, p.2)

De acordo com Ricardo (2003, p. 8), existe a seguinte ideia de contextualização na obra de Paulo Freire quando ele discorre sobre o conceito de investigação temática:

A noção de contextualização aqui presente é a de um conhecimento significativo que tenha sua origem no cotidiano do sujeito em sua tomada de consciência da realidade pronunciada e que os conhecimentos apreendidos possuam a dimensão da universalidade que transcendam aquele cotidiano que será modificado.

Esta ideia de contextualização pode ser associada à categoria II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades. Ricardo (2003, p. 2), ao referir-se aos conceitos de problematização e contextualização, afirma que são conceitos fundamentais para que o ensino de ciências contribua para a autonomia intelectual dos estudantes e essa ideia de contextualização pode ser associada à categoria I) Contextualização como meio de atingir um objetivo explicitado.

Dos Santos (2007, p. 5) apresenta concepções de contextualização que podem ser associadas nesta ordem nas categorias I) Contextualização como meio de atingir um objetivo explicitado, III) Contextualização como ferramenta de aprendizagem/ recurso pedagógico/recurso didático/ ferramenta estimuladora e II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades, ao afirmar que:

[...] a contextualização pode ser vista com os seguintes objetivos: 1) desenvolver atitudes e valores em uma perspectiva humanística diante das questões sociais relativas à ciência e à tecnologia; 2) auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relativos à natureza da ciência; e 3) encorajar os alunos a relacionar suas experiências escolares em ciências com problemas do cotidiano.

Ricardo (2005) realizou entrevistas com os autores dos PCN e PCN+. Durante as entrevistas, os autores nomeados A6 e A5 revelaram, respectivamente nos relatos a seguir, ter em mente concepções de contextualização que podem ser classificadas, respectivamente, em: II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades; e IV) Contextualização é diferente de mera exemplificação:

Eu acho que a gente tinha um grande referencial por trás que era a ideia da aprendizagem significativa. Acho que isso é uma coisa interessante de se dizer, porque isso fez com que a gente [tivesse] a ideia de que você aprende estabelecendo relações entre significados. Ela foi determinante para a escolha dos conteúdos, para a escolha das competências e habilidades, para a ideia de contextualização e de interdisciplinaridade. No final, nosso grande foco era a aprendizagem significativa. (RICARDO, 2005, p. 70)

A contextualização para nós não é simplesmente dar exemplos de fatos, de materiais, que o aluno tem contato, não é só uma exemplificação, uma ilustração.[...]. (RICARDO, 2005, p. 71)

Na BNCC, está presente a concepção de contextualização da categoria II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades que aparece em várias partes do documento, como em “[...]contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos[...]” (BRASIL, 2018a, p. 16) , ou quando discorre sobre as disciplinas escolares e diz que “[...]implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade[...]” (BRASIL, 2009 apud BRASIL, 2018a, p. 33). A BNCC também apresenta a concepção da categoria IV) Contextualização é diferente de mera exemplificação ao explicitar que “A contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas[...]” (BRASIL, 2018a, p. 549).

Nas DCNEM consta a concepção de contextualização na categoria I) Contextualização como meio de atingir um objetivo explicitado, agindo como parte que deva ser evidenciada no tratamento metodológico contemplado no currículo, e também com outro objetivo explicitado em “Art. 7. § 2º O currículo deve contemplar tratamento metodológico que evidencie a contextualização, a diversificação e a transdisciplinaridade ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos[...]” (BRASIL, 2018b, p. 5). Outra categoria de concepção de contextualização presente neste documento é a II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades. Essa categoria pode ser observada em “Art. 11. § 1º A organização por áreas do conhecimento implica o fortalecimento das relações entre os saberes e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade[...]” (BRASIL, 2018b, p. 6).

As OCNem de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias apresentam a concepção de contextualização na *categoria* I) Contextualização como meio de atingir um objetivo explicitado, prevalecendo esta abordagem ao longo do documento. A concepção da categoria II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades aparece em “Outra dimensão da contextualização relaciona o conhecimento científico e o cotidiano[...]” (BRASIL, 2006, p. 50) , em “Para se conduzir um ensino de forma compatível com uma promoção das

competências gerais, é importante tomar como ponto de partida situações mais próximas da realidade do aluno[...]” (BRASIL, 2006, p. 60) e também em “Problemas do mundo real tendem a propiciar, frequentemente, soluções mais criativas e são presumivelmente mais significativos e motivadores que problemas artificiais.” (BRASIL, 2006, p. 61). O documento também apresenta a categoria III) Contextualização como ferramenta de aprendizagem/ recurso pedagógico/recurso didático/ ferramenta estimuladora e ainda nesta categoria o documento afirma que “A contextualização como recurso didático serve para problematizar a realidade vivida pelo aluno, extraí-la do seu contexto e projetá-la para a análise[...]” (BRASIL, 2006, p. 51). E por fim, a categoria IV) Contextualização é diferente de mera exemplificação que é explicitada em “Outra dimensão da contextualização relaciona o conhecimento científico e o cotidiano. Muitas vezes confunde-se contextualização com cotidiano, porém essa relação não é tão simples [...]” (BRASIL, 2006, p. 50).

Os PCN+ reforçam as concepções de contextualização presentes nas OCNem, com exemplificações de possibilidades de contextualização em cada área e disciplina presentes no currículo, tendo a intenção de dar uma orientação mais concreta aos professores em relação a como garantir o aprendizado das competências gerais pelos estudantes. Por fim, o CRMG em seu glossário dá o seguinte entendimento de contextualização:

A contextualização é o movimento pedagógico pelo qual os conteúdos curriculares são tratados de modo que o aluno, ao entender a conexão entre eles e a realidade ou o contexto em que está vivendo, aprenda-os de maneira significativa, para que o aprendido faça sentido. (MINAS GERAIS, 2021, p.475)

No CRMG prevalece a concepção de contextualização presente na categoria II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades, sendo essa concepção majoritária na BNCC (na qual o CRMG se inspirou fortemente) e em todos documentos orientadores.

A noção de interdisciplinaridade utilizada aqui, e presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais é a seguinte:

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos. (BRASIL, 1999a, p.34)

2.2 Temperatura e Calor: Uma pequena revisão bibliográfica

Existe mais de uma forma na qual os conceitos de calor e temperatura, tão essenciais para esta pesquisa, são apresentados na literatura. Para verificar como se dá essa apresentação, analisamos tais conceitos em quatro trabalhos acadêmicos, seis livros didáticos de Física para o Ensino Médio, um livro de 8ª série do Ensino Fundamental (atual 9º ano do ensino fundamental) e um livro de fundamentos de Física do Ensino Superior. O objetivo desta análise não é fazer um estudo bibliográfico aprofundado, e sim entender de maneira mais geral como esses conceitos vêm sendo apresentados nos meios escolares.

Os trabalhos acadêmicos utilizados de referência foram nomeados T1, T2, T3 e T4 correspondendo respectivamente aos seguintes: Pereira (2010), Maia (2020), Lima (2012) e Mattos e Drumond (2004). Esses trabalhos foram escolhidos pelo motivo de abordarem como temas principais o conforto térmico, a sensação térmica e o ensino de Física Térmica no Ensino Médio. Portanto, são trabalhos que dialogam com essa pesquisa e, deste modo, são valiosos para a compreensão de como os conceitos de calor e temperatura são abordados e se encaixam em suas propostas de pesquisa.

Os livros didáticos utilizados de referência foram nomeados L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7 e L8, correspondendo respectivamente aos seguintes: Bonjorno (1993), Luz e Álvares (2016), Sampaio e Calçada (2005), *Física: Termologia, Óptica, Ondulatória* (2016), Luz e Álvares (2005), *Moderna Plus: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias* (2020), Valle (2004), Halliday, Resnick e Walker (2012).

A partir da análise do material selecionado foram identificadas quatro definições de temperatura: I) Temperatura como medida da agitação das partículas de um material, II) Temperatura como experiência sensorial humana, III) Temperatura como grandeza física associada ao equilíbrio térmico ou IV) Temperatura como grandeza física associada à energia interna de um corpo. Em alguns materiais observou-se mais de uma definição no mesmo trabalho acadêmico ou livro didático.

A definição, I) Temperatura como medida da agitação das partículas de um material, é adotada na dissertação de mestrado T3 e em todos os livros didáticos analisados. A segunda definição, II) Temperatura como experiência sensorial humana é adotada na dissertação de mestrado T1 e nos livros didáticos L2, L3 e L5. A terceira definição III) Temperatura como grandeza física associada ao equilíbrio térmico, está presente nas dissertações de mestrado T2 e T3 e no livro didático L8, que é do Ensino Superior, portanto, esta definição não aparece em nenhum dos livros de nível médio. A quarta e última definição, IV) Temperatura como

grandeza física associada a energia interna de um corpo, está presente no artigo T4 e não aparece em nenhum dos livros didáticos analisados.

Pela análise realizada, percebemos que a definição de temperatura que utiliza a ideia de agitação das partículas é a mais popular dos livros didáticos analisados, embora só apareça em um dos trabalhos acadêmicos utilizados. Dentre os trabalhos acadêmicos analisados, a definição de temperatura associada à condição de equilíbrio térmico foi a favorita, presente em dois trabalhos, neles experimentos sensoriais foram utilizados para a introdução do conceito e posteriormente não houve uma outra definição explícita do conceito. Um fato interessante é que os livros didáticos L2, L3 e L5, três dos oito, utilizaram tanto a definição de temperatura associada à agitação das partículas de um corpo quanto a definição sensorial de temperatura. Ao trazer para a discussão qual ou quais corpos estariam em uma maior ou menor temperatura utilizando o tato.

Nesta pesquisa a definição de temperatura apresentada aos estudantes foi: “A temperatura é o grau de agitação das partículas de um corpo”. A escolha por essa definição se deu por uma série de fatores, entre os quais destacamos: I) Essa definição microscópica da temperatura facilita a explicação dos mecanismos de transferência de calor, que foram intensamente utilizados na pesquisa. Com esta definição, todos os mecanismos podem ser justificados pelo movimento das partículas, II) Tal definição, amparada no movimento das partículas, evoca o uso de conceitos de mecânica, tais como a energia cinética e potencial dos corpos, já introduzidos e utilizados anteriormente com os estudantes, III) Todos os estudantes participantes da pesquisa tinham entendimento básico de que a matéria é constituída por partículas menores, incluindo partículas subatômicas. Esse entendimento veio do uso prévio e intenso do conceito de partículas pelo professor-pesquisador nas aulas ministradas por ele no Ensino Fundamental dos estudantes. Isso acarretou, na época, na utilização de tais conceitos por eles de forma bastante satisfatória. Além disso, tais conceitos também foram apresentados a eles no Ensino Médio pelos seus professores, de acordo com os relatos dos estudantes.

A não utilização da definição II) Temperatura como experiência sensorial humana se deu por algumas razões: A) Essa definição pode sugerir que a temperatura só existe quando associada à sensação humana, o que não é correto, já que um corpo pode ter temperatura mesmo se não gerar sensação na pele humana, B) A definição sensorial de temperatura não define de fato a interpretação dada pela Física ao conceito de temperatura e apenas utiliza o fato de haver temperaturas maiores ou menores que outras, ao invés de aprofundar o significado. Seria algo similar a responder uma pergunta como “O que é o dinheiro” com as respostas “R\$20 ou R\$100” sem responder ao que significa o dinheiro e só mencionando

valores. Além disso, a definição sensorial também é problemática devido ao fato do tato não ser confiável na determinação de temperatura, diferente de um termômetro.

É importante destacar que o não uso da definição sensorial de temperatura de modo algum aboliu o uso das sensações térmicas nas discussões propostas na sequência de aulas desta pesquisa. O modo como o ser humano reage às variações de temperatura de seu corpo e do ambiente é o ponto central da contextualização do ensino proposto nesta pesquisa. O que se propõe é que uma definição de temperatura baseada no movimento das partículas é a ferramenta mais adequada, visando que consigam interpretar as sensações térmicas que eles sentem de uma forma independente de sensações táteis. A experiência sensorial é indispensável para a discussão sobre a sensação térmica, mas em muitas ocasiões, é insuficiente para explicar o que ocorre, e nestas ocasiões, uma definição de temperatura como a escolhida contribui no processo de aprendizagem.

Já as definições de calor que aparecem são as seguintes: I) Calor como energia em transferência entre um sistema e seu entorno, sem mencionar explicitamente o sentido do fluxo, II) Calor como variação da energia interna de um corpo, III) Calor como energia em transferência, devido a uma diferença de temperatura entre os corpos ou IV) Calor como energia em transferência, sem mencionar de onde para onde ocorre a transferência ou por qual razão isso ocorre.

Nesta pesquisa a definição de calor apresentada aos estudantes foi: “Calor é o fluxo de energia do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura”. Tal definição é pertinente para esta pesquisa, pois os mecanismos de troca de calor são elementos imprescindíveis para a sequência de aulas. Todas as situações apresentadas necessitam do conceito de calor para explicar as trocas de energia e sensações humanas que elas provocam, e também nas alterações ou não das temperaturas dos ambientes, objetos e materiais que são utilizados nas explicações. Em todos os momentos foram colocadas situações para os estudantes refletirem sobre o que acontece com as temperaturas e, portanto, esta definição que destaca a diferença de temperatura é adequada

Dentre as definições de calor, a primeira I) Calor como energia em transferência entre um sistema e seu entorno, sem mencionar explicitamente o sentido do fluxo consta somente na dissertação de mestrado T1. A definição II) Calor como variação da energia interna de um corpo consta somente na dissertação T2, a quarta definição IV) Calor como energia em transferência, sem mencionar de onde para onde ocorre a transferência ou por qual razão isso ocorre é utilizada somente no artigo T4. Por fim a definição III) Calor como energia em

transferência, devido a uma diferença de temperatura entre os corpos é amplamente utilizada e está presente na dissertação T3 e em todos os oito livros didáticos.

Outro ponto importante nessa análise é como o conceito de calor é apresentado durante o ensino dos mecanismos de troca de calor, em específico no mecanismo nomeado radiação térmica ou irradiação térmica. Os trabalhos acadêmicos analisados não se propõem a tratar desse tema e, por isso, não serão citados, porém nos livros didáticos existe esse tópico que versa sobre a radiação ou irradiação.

Em todos os oito livros analisados, não houve uma tentativa de equivaler ou comparar o conceito de calor com a explicação dada ao conceito de calor presente no mecanismo da radiação. Consideramos que isso é um problema, já que neste caso estamos lidando com uma explicação que necessita de uma introdução ao conceito de ondas eletromagnéticas e emissão de energia eletromagnética, o que é conceitualmente bem diferente das definições de calor anteriormente apresentadas e o estudante pode ter dificuldades de entender que se trata do mesmo fenômeno físico. Nos oito livros didáticos só é dito que a radiação é um mecanismo de troca de calor que não necessita de contato físico, exemplificado como a energia térmica oriunda do Sol chega até o planeta Terra.

Portanto, houve um esforço em realizar a comunicação do conceito de calor previamente definido com o conceito de calor utilizado na explicação do mecanismo da radiação térmica. Os estudantes foram informados que existe uma série de fenômenos e ondas conhecidos que têm uma natureza parecida, como exemplo foi dado a própria luz visível, o sinal de rádio, o sinal de *wi-fi*, o sinal de micro-ondas emitido pelo aparelho de mesmo nome, os raios ultravioleta e o próprio calor. Todas essas radiações têm naturezas eletromagnéticas, e os estudantes foram orientados de que todas têm origem no movimento de elétrons dentro dos átomos, e que, dependendo do tipo de movimento uma certa onda eletromagnética ou outra seria emitida por um material ou objeto.

2.3 Codificação e descodificação: recorrendo à Paulo Freire

Paulo Freire (1921-1997) foi um renomado educador e filósofo brasileiro, declarado em 2012 como Patrono da Educação Brasileira. Dentre suas várias contribuições aos referidos campos do conhecimento, se destaca a sua forma de alfabetizar adultos conhecida como “Método Paulo Freire”.

A prática pedagógica de Freire é fortemente guiada pela dialogicidade, o que significa proporcionar durante o ato de aprender e ensinar um diálogo frequente e sincero entre o educador e o educando, e entre eles e o objeto de estudo de ambos. Outro aspecto central da prática pedagógica de Freire é a consideração de que o educar é sempre um ato político. A educação traz a percepção às pessoas de que estão inseridas em uma realidade histórica e que elas tem a possibilidade de interferir em sua própria realidade e, com isso, escapar de aparentes fatalismos. A influência da dialogicidade e da politicidade no seu ato de educar é percebida em sua obra mais famosa, *Pedagogia do Oprimido*.

O processo de alfabetização de Freire pode ser dividida em três momentos: investigação, tematização e problematização, segundo Beck (2016). Na etapa de investigação, é feita a busca pelas palavras mais utilizadas e com significados na vida dos educandos e da sociedade local em que ele se insere. Durante a tematização, é realizado a associação entre as palavras obtidas no momento anterior com situações vividas no cotidiano dos educandos. E, por fim, na problematização, são realizadas reflexões críticas sobre a realidade na qual os educandos estão inseridos, e essa reflexão é mediada pelas palavras obtidas no momento inicial e nomeadas de palavras geradoras.

Nesta pesquisa, não houve a aplicação do “Método Paulo Freire”. Ela não trata da alfabetização de adultos e nem se utiliza dos momentos mencionados para ser realizada. As influências da prática pedagógica de Paulo Freire nesta pesquisa são a dialogicidade utilizada na metodologia de ensino da sequência de aulas e, principalmente, o gigantesco auxílio que os conceitos de codificação e descodificação proporcionaram na análise das interações dos estudantes com a sequência de aulas.

Freire (1987, p. 56) diz que a busca pelo conteúdo programático da educação deve acontecer na realidade mediatizadora que o educando se encontra e, nessa busca, serão alcançados os temas geradores, que são temas com potencial para serem os conteúdos que concretizarão o diálogo entre o educando e sua realidade.

Os temas do conforto e da sensação térmica não foram obtidos diretamente pelo professor-pesquisador no diálogo com os estudantes participantes dessa pesquisa, mas acreditamos que eles têm potenciais parecidos com os temas geradores definidos por Paulo Freire, no sentido de mediar a relação entre a Física e a realidade dos estudantes.

Praticamente todas as pessoas encontram-se diariamente em situações de sua vida em que elas têm sensações perante o ambiente local e encontram-se em situação de conforto ou desconforto térmico com o ambiente. Portanto, são temas que, por estarem inseridos nas

vivências diárias das pessoas, carregam bastante significado e por isso podem despertar maior interesse que outras temáticas dentro da Física Térmica.

Existe em Freire (1987, p. 62) o conceito de codificação como sendo uma representação de uma situação real que evidencia os elementos constitutivos desse todo da situação e as interações entre eles, e também a descodificação como o processo de se analisar criticamente uma situação codificada. O conhecimento da realidade, em sua totalidade, não pode acontecer quando as pessoas não conseguem perceber que os pedaços que constituem essa totalidade estão em interação com a totalidade e deste forma não consideram a importância desses pedaços de acordo com Freire (1987, p. 61).

Para que a consideração aconteça então “[...] lhes seria indispensável ter antes a visão totalizada do contexto para, em seguida, separarem ou isolarem os elementos ou parcialidades do contexto, através de cuja cisão voltariam com mais clareza à totalidade analisada”, é o que diz Freire (1987, p. 61). O movimento descrito acima é justamente o processo de codificação, descodificação e posterior nova codificação, de uma forma mais crítica, que realizamos com os estudantes na interação deles com textos problematizadores e, posteriormente na releitura mais qualificada dos mesmos textos.

Concluindo, nessa pesquisa, o entendimento dos conceitos de codificação e descodificação está em consonância com as suas utilizações em Freire (1987, p. 62): “Este movimento de ida e volta, do abstrato ao concreto, que se dá na análise de uma situação codificada, se bem feita a descodificação conduz à superação da abstração com a percepção crítica do concreto, já agora não mais realidade espessa e pouco vislumbrada”. Em toda a aplicação da sequência de aulas, houve a intencionalidade de se descodificar com os estudantes as situações problema apresentadas.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada com cinco estudantes que não estão vinculados com turmas nas quais o professor-pesquisador atua. Dois deles cursavam o segundo ano do ensino médio e três cursavam o primeiro ano do ensino médio. A pesquisa foi executada fora do horário escolar por meio da plataforma online de videoconferência chamada *Google Meet*, em horário acordado com os estudantes. A sequência de seis aulas foi ministrada em um conjunto de dez encontros, um maior número de encontros foi necessário para se adequar à necessidades de datas e horários dos participantes. Todos os dez encontros foram gravados, com a devida autorização prévia dada pelos participantes e seus responsáveis legais, e as falas dos encontros foram transcritas para a análise do professor-pesquisador.

Para a realização desta pesquisa, foi determinado previamente, pelo professor-pesquisador, uma sequência de seis aulas. Para a escolha deste número de aulas, levou-se em consideração a pretensão da quantidade de conceitos que seriam abordados, o ritmo das aulas que seria adotado de acordo com as intenções da pesquisa e a disponibilidade dos participantes.

Houve previamente uma certa estruturação realizada pelo professor-pesquisador da espinha dorsal da sequência de aulas, no sentido de ter sido realizada a escolha de conceitos físicos essenciais para serem abordados e também já ter sido determinado que na metodologia de ensino haveria a utilização de textos problematizadores para estimular o pensamento dos estudantes.

Porém, com exceção da primeira aula, na qual houve a aplicação de um questionário introdutório e foi totalmente planejada, a sequência de aulas não estava pronta e a metodologia de ensino sofreu alterações de acordo com as interações dos estudantes com a aula anterior. Essa mudança de metodologia de ensino foi uma das bases para a realização da pesquisa, e configurou-se como uma forma de manter a dialogicidade dos estudantes com o professor-pesquisador.

A duração de cada aula não foi determinada de maneira extremamente rígida, mas havia a expectativa que tivessem a duração entre 1h30 minutos e 2h30 minutos cada aula. Em algumas aulas, não foi possível a presença de todos estudantes, então por esse motivo, houve dez encontros ao invés de somente seis encontros. O quadro abaixo apresenta brevemente a sequência de aulas:

Quadro 1 — Sequência de Aulas

(continua)

	Objetivo	Duração	Instrumentos de Ensino	Participantes
Aula 1	Enunciar as diversas variáveis presentes nos aspectos biofísicos, fisiológicos e subjetivos que influenciam na sensação térmica	1h11min	Questionário “Investigando a sensação térmica”	X, Y, Z e K
Aula 2	Estudar as inter-relações entre os mecanismos de troca de calor e as variáveis ambientais relevantes.	1h46min	Texto problematizador; <i>Gif</i> de agitação molecular; Simulador de Difusão de Partículas Simulador Moléculas e Luz; Imagens sobre condução, convecção e radiação.	Y,Z e L
Aula 2	Estudar as inter-relações entre os mecanismos de troca de calor e as variáveis ambientais relevantes.	1h15min	Texto problematizador; <i>Gif</i> de agitação molecular; Simulador de Difusão Simulador Moléculas e Luz; Imagens de condução, convecção e radiação.	X e K
Aula 3	Estudar as inter-relações entre as variáveis ambientais relevantes e o ambiente natural ou artificial.	1h50min	Texto problematizador 2; Texto problematizador 3; Slide: “O que já vimos até aqui”	Y e Z
Aula 3	Estudar as inter-relações entre as variáveis ambientais relevantes e o ambiente natural ou artificial.	1h56min	Texto problematizador 2; Texto problematizador 3; Slide: “O que já vimos até aqui”	X
Aula 4	Estudar as inter-relações entre as variáveis ambientais relevantes e o corpo humano e Confeccionar texto problematizador	1h43min	Slide: “O que já vimos até aqui” Slide “Desempenho Térmico de Edificações – Conforto Térmico” Imagem própria sobre a umidade como barreira ao suor Imagem de trajes de povos do deserto	X, Y e Z
Aula 5	Estudar as inter-relações entre o ambiente natural e artificial e o corpo humano	1h49min	Slide: “O que já vimos até aqui” Calculadora online “Calcule o índice de calor e a sensação térmica” Escala de Beaufort Tabela do índice de Temperatura- Umidade Arranjo “Envelope de Alta Inércia Térmica”	X e Y

	Objetivo	Duração	Instrumentos de Ensino	Participantes
Aula 5	Estudar as inter-relações entre o ambiente natural e artificial e o corpo humano	2h25min (Houveram problemas técnicos que prolongaram essa aula)	Slide: “ O que já vimos até aqui” Calculadora online “Calcule o índice de calor e a sensação térmica” Escala de Beaufort Tabela do índice de Temperatura- Umidade Arranjo “Envelope de Alta Inércia Térmica”	Z
Aula 6	Construir, avaliar e utilizar o <i>check list</i> de Sensação Térmica	2h54 min	Slide: “ <i>Check List</i> ” <i>CBE Thermal Comfort Tool</i> Slide: “Estudo de resposta da calculadora de índice de calor e sensação térmica.” Histórico da previsão de tempo para BH Temperaturas Médias- Aeroporto Carlos Prates Temperaturas Médias- Aeroporto Pampulha Normais Climatológicas do Brasil – Período de 1981-2010 Umidade relativa do Ar de Belo Horizonte	X e Y
Aula 6	Construir, avaliar e utilizar o <i>check list</i> de Sensação Térmica	2h14 min	Slide: “ <i>Check List</i> ” <i>CBE Thermal Comfort Tool</i> Slide: “Estudo de resposta da calculadora de índice de calor e sensação térmica.” Histórico da previsão de tempo para BH Temperaturas Médias- Aeroporto Carlos Prates Temperaturas Médias- Aeroporto Pampulha Normais Climatológicas do Brasil – Período de 1981-2010 Umidade relativa do Ar de Belo Horizonte	Z

Fonte: Elaboração Própria

Dentre os participantes desta pesquisa estão três estudantes de escolas públicas federais e dois estudantes de escolas particulares, todos os cinco participantes têm idades entre quinze e dezessete anos. O professor-pesquisador lecionou para estes mesmos estudantes quando cursavam o 2º ano e o 3º ano do Ensino Fundamental e posteriormente o 5º

ano e o 6º ano do Ensino Fundamental, nessas oportunidades os conteúdos de ciência foram abordados de maneira teórica e experimental/demonstrativa pelo professor-pesquisador e os conteúdos não foram necessariamente ligados aos currículos dos referidos anos escolares. O convite participar da pesquisa foi realizado a estes estudantes devido ao alto grau de interesse em assuntos relacionados à Física demonstrados nesta época e também devido à boa relação do professor-pesquisador com os mesmos. Salientamos a necessidade de se diferenciar o interesse por temas da Física pelo interesse na disciplina de Física, portanto os estudantes convidados têm diferentes relações com a disciplina escolar de Física embora tenham interesse nas temáticas.

Devido às incertezas decorrentes da pandemia de Covid-19, que atravessávamos na ocasião da coleta de dados, incluindo o debate que ocorria sobre a reabertura presencial ou não das escolas da rede pública de Minas Gerais e sobre as condições de trabalho docente do professor de educação básica no Estado neste período, optou-se pela não realização da pesquisa com estudantes pertencentes às turmas nas quais o professor-pesquisador desenvolvia sua atuação profissional.

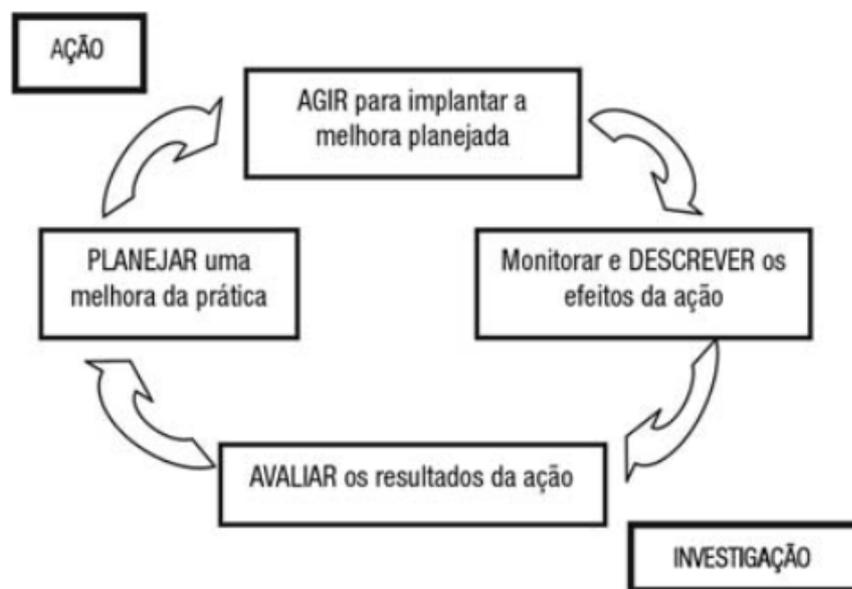
Com a manutenção do Regime de Estudo não Presencial (REANP), instituído na rede pública estadual de Minas Gerais em 12/05/2020, em modelo híbrido no momento da aplicação da pesquisa não foi possível realizar a pesquisa presencialmente, já que os estudantes tinham a opção de ir ou não até a escola e o grupo de alunos que frequentava as aulas presencialmente era muito variável.

Durante o REANP, a frequência, e portanto uma das condições de aprovação dos estudantes para o ano subsequente, foi condicionada à entrega de exercícios confeccionados pela Secretaria de Educação de Minas Gerais (SEE-MG) nomeados de Plano de Estudos Tutorados (PET) e quaisquer atividades complementares elaboradas pelos próprios professores das turmas não seriam considerados na aprovação do estudante. Deste modo a realização desta pesquisa em horário escolar tornou-se inviável devido a prioridade total atribuída pela SEE-MG à realização do PET nos horários de atuação do docente.

Nesta pesquisa, foi adotada uma abordagem predominantemente qualitativa. Neste tipo de abordagem em concordância com os escritos de Bogdan e Biklen (1994, p. 50), os dados não são construídos visando a confirmação ou refutação de uma hipótese previamente construída, e sim que no decorrer do projeto de coleta e de reflexão dos seus significados que a pesquisa vai melhor se delineando. Os dados obtidos/construídos tiveram uma natureza descritiva e a sua principal fonte foram o discurso dos sujeitos e de notas de campo adquiridas na observação participante.

As evidências e retorno dado pelos estudantes em cada aula da sequência foram utilizados para a continuidade e readequação, quando foi necessário, das demais aulas da sequência, portanto a abordagem qualitativa dialoga melhor com este aspecto. Tal procedimento se insere no chamado ciclo básico da investigação-ação, definida como processo cíclico no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito da própria prática (TRIPP, 2005). O Diagrama a seguir mostra as fases do ciclo básico de investigação-ação:

Diagrama 1 — Representação em quatro fases do ciclo básico de investigação- ação



Fonte: (TRIPP, 2005, p. 446)

Antes do início da sequência de aulas, foi aplicado um questionário nomeado: “Investigando a Sensação Térmica”, que consta no Apêndice A e no qual constam perguntas sobre aspectos dos ambientes e imediações que possam vir a interferir na sensação térmica, incluindo aspectos como vestimenta, nível de atividade física e humor do estudante no momento de responder o questionário. Este questionário foi preenchido em casa por alguns estudantes e no ambiente de trabalho por outros. O questionário foi preenchido virtualmente pelos estudantes, com a utilização da ferramenta *Google Forms*. O objetivo deste questionário foi enunciar as diversas variáveis presentes nos aspectos biofísicos, fisiológicos e subjetivos que influenciam na sensação e no conforto térmico.

Com base nos questionários, foi discutido inicialmente qual foi a percepção da influência destes aspectos na percepção individual de conforto térmico. Alguns questionários

representativos, que demonstram uma variedade de situações e que podem se contrapor, foram escolhidos para um foco maior de análise. Este momento inicial serviu de base para o planejamento/adaptação da sequência de aulas que abordou alguns destes aspectos e para a contextualização do ensino de uma série de conceitos físicos, tais como: calor específico, reflexão e absorção de luz, influência das cores, condutividade térmica etc...

Ao término da sequência de aulas, os estudantes elaboraram, em conjunto com o professor-pesquisador o *Check List*. Após a confecção da ferramenta, houve um momento de avaliação da qualidade do *Check List*. A avaliação foi realizada oralmente, cada um dos aspectos do material foi discutido e problematizado pelos estudantes, que apontaram os pontos positivos e que necessitam de aprimoramento do material. Essa avaliação está detalhada na descrição da última aula da sequência, que destinou-se totalmente ao momento de avaliação. E também consta de modo mais geral nas descrições de outras aulas.

A pertinência da sequência de aulas e também a efetividade do uso do *Check List* foram avaliadas por meio das análises das falas dos participantes da pesquisa. Essa avaliação se deu por meio de questionamentos diretos e também de análises indiretas do professor-pesquisador quanto ao quão estimulados estavam os participantes na construção e aperfeiçoamento dos materiais citados. De acordo com Tripp (2005) a metodologia de pesquisa deve reportar-se à prática e é importante avaliar as mudanças por meio das melhores evidências que se possam produzir, sendo essa não rigidez dos protocolos de pesquisa uma das características da pesquisa-ação.

Além disso, o conteúdo da sensação térmica, embora pertencente à tradicional grande área da Termodinâmica, é pouco abordado no curso de Física e ainda mais raramente abordado com base em aspectos que não sejam somente físicos mas também baseados em aspectos biofísicos, fisiológicos e subjetivos. Sobre a pouca variedade de conteúdos de Física no Ensino Médio, Buss (2017, p. 235) afirma:

Os conteúdos da disciplina de Física são praticamente os mesmos desde o momento em que ela surgiu no currículo do Imperial Collegio de Pedro II (em 1838). Tal fato fica evidente quando se compara os conteúdos dos principais livros didáticos utilizados ao longo da história da disciplina de Física.

4 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE AULA

A sequência de aulas foi aplicada a um total de cinco estudantes, sendo que três deles participaram integralmente de todas as aulas e dois deles participaram somente até a metade. A sequência constituiu-se de seis aulas. Os estudantes nesta pesquisa serão nomeados de estudante X, Y, Z, K e L quando necessário, de modo a preservar suas identidades.

Os temas conforto térmico e sensação térmica foram escolhidos para que se cumpra as finalidades desta pesquisa, que é estimular uma maior participação e engajamento dos estudantes em aulas de Física. Um dos desafios dessa pesquisa é fazer com que os estudantes se interessem pelo assunto. A experiência em sala de aula do professor-pesquisador foi utilizada de base para essa escolha, em suas vivências foi adquirida a percepção de que temas como estes são amplos e tem múltiplas facetas a serem exploradas, e essa complexidade/riqueza de possibilidades tem muito a contribuir no objetivo geral desta pesquisa.

A sensação térmica pode ser avaliada por meio de três aspectos: 1) Biofísicos: baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos, 2) Fisiológicos: baseiam-se nas reações fisiológicas originadas por condições como temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar e 3) Subjetivos: baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA, SCHIFFER, 2001, p. 26)

A sensação térmica foi definida nesta pesquisa, como “a forma que o corpo humano interpreta a temperatura ambiente, como nosso corpo responde aos mecanismos de troca de calor”. Essa definição explícita é importante, pois, apesar de muito citada nas bibliografias analisadas no capítulo anterior, ela não é definida explicitamente e pode assumir significados diferentes para os estudantes, como, por exemplo, a confusão entre este conceito e o de temperatura.

A definição utilizada nesta pesquisa para o conforto térmico é que “conforto térmico é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda” (A.S.H.R.A.E, 1977). Essa definição é amplamente utilizada pela *American Societ of Heating, Refrigeration and Air Condiotioning Engineers* (A.S.H.R.A.E) e é bastante utilizada em livros e manuais de Arquitetura. Além disso, também foi colocado pelo professor-pesquisador aos estudantes que o conforto térmico é a maneira que você sente confortável com o ambiente para realizar suas tarefas do dia a dia, e também que é uma sensação térmica agradável.

4.1 Aula I - Conversando sobre o questionário

Essa aula deu-se após os estudantes terem respondido ao questionário “Investigando a Sensação Térmica”, que consta no Apêndice A. No início da aula os estudantes relataram suas relações com a disciplina de Física. É importante destacar que todos os estudantes convidados para esta pesquisa foram alunos do professor-pesquisador durante o Ensino Fundamental e eram estudantes que demonstravam bastante interesse nos temas das Ciências Naturais e, em especial dos temas da Física. Dentre os quatro estudantes (X,Y,Z e K) que quiseram responder, somente o estudante X relatou explicitamente ainda gostar da disciplina de Física. Embora ao longo da sequência de aula todos demonstraram bastante interesse nos temas da pesquisa, a estudante Y relatou ter uma relação um pouco complicada e os estudantes Z e K disseram explicitamente que não gostavam da disciplina de Física, o que mostra que gostar dos temas de Física não quer dizer necessariamente que a relação com a disciplina seja boa.

Os estudantes foram questionados se tinham clareza em relação aos tipos de conteúdos e raciocínios que a disciplina de Física se propõe a proporcionar nas aulas, e todos relataram compreender totalmente ou compreender parcialmente. Com exceção do estudante X, os demais relataram ter muitas dificuldades matemáticas com a disciplina. Todos também afirmaram ter dificuldades de se lembrar ou saber qual fórmula matemática utilizar na resolução de problemas. As estudantes Y e K relataram sentir falta de experimentação e de elementos mais concretos durante o ensino da disciplina de Física. Por fim, os estudantes Y, Z e K relataram que gostavam bastante de Física quando eram ensinados pelo professor-pesquisador no Ensino Fundamental.

Posteriormente, foram discutidas as respostas do questionário em conjunto com os estudantes. Neste questionário haviam questões sobre: movimentação da pessoa, como a pessoa estava se sentindo, roupas, presença de corpos d’água (rios, lagos, córregos...) nas proximidades da casa, presença de árvores, presença de prédios, presença de grama, ventilação, cores das paredes externas, incidência de raios solares, tipo e cor do chão, presença de janelas, tipo das paredes, cores das paredes internas e por fim a sensação térmica que a pessoa tinha (dividida entre muito calor, calor, ameno, frio e muito frio).

O objetivo dessa primeira aula foi enunciar as diversas variáveis presentes nos aspectos biofísicos, fisiológicos e subjetivos que influenciam na sensação e no conforto térmico e que seriam discutidas nas aulas posteriores. Os estudantes foram encorajados a refletir sobre as condições térmicas dos seus quartos, residências e entorno imediato. Houve grande interação dos estudantes com o professor-pesquisador, e com os demais estudantes.

4.2 Aula II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)

A dinâmica dessa aula foi de apresentar inicialmente algumas situações-problema contidas em um texto que está apresentado no parágrafo a seguir, essas situações têm potencial de incitar os estudantes a utilizarem conceitos científicos relativos aos mecanismos de troca de calor. O segundo momento da aula foi o de apresentar algumas definições dos conteúdos e, focado na exposição dos conceitos por meio de recursos como imagens, *gifs* e simuladores e durante esse momento foram retomadas as partes do texto. Por fim, o último momento consistiu na escuta dos estudantes sobre o estilo de aula, sobre a agradabilidade da aula, grau de entendimento e influência do tipo de aula no entendimento dos estudantes do conteúdo. Este último momento repetiu-se em todas as aulas seguintes, e não voltará a ser mencionado.

Foi dado um tempo para os estudantes fazerem a leitura e eles foram convidados a pensar sobre como estaria a sensação térmica de uma pessoa no ambiente descrito. O texto problematizador descreveu uma situação na qual várias fatores interagem simultaneamente entre si e com a pessoa, gerando uma determinada sensação térmica. Optou-se por um texto que evidenciasse as complexidades de uma situação real, em detrimento de uma situação mais “livresca” e com muitas idealizações.

O texto problematizador utilizado, de autoria própria, está apresentado abaixo:

Havia chovido na madrugada anterior e amanhecera um dia ensolarado, a luz solar entrava no quarto (que fica no primeiro andar e é um quarto comum) em que eu estava e chegava no lado direito do meu corpo e o iluminava. Eu estava sentado na minha cama e encostado na parede, o meu braço esquerdo tinha acabado de encostar numa parte metálica do móvel ao lado. Soprava uma brisa que parecia começar aos meus pés e subia até o topo da minha cabeça, a temperatura ambiente era marcada por um termômetro no meu quarto e indicava 28°C e o relógio indicava 08h.

O professor-pesquisador buscou, por meio deste texto, fazer com que os estudantes refletissem sobre os fatores que a influenciam na determinação da sensação térmica. Esses fatores incluem: A) Umidade do ambiente, B) Incidência solar no ambiente, C) Altura do prédio e tipo de cômodo, D) Diferença de temperatura entre os lados do corpo da pessoa, E) Contato físico da pessoa com a parede, F) Condutividade térmica dos materiais do ambiente, G) Ventilação do ambiente e H) Horário em que se analisava e inércia térmica do ambiente.

Em relação ao fator A) Umidade do ambiente, todos os estudantes associaram a questão da chuva com um aumento de umidade do ambiente. A percepção de que a chuva costuma trazer às pessoas da nossa cidade a sensação de resfriamento esteve contida em todas falas. A fala seguinte resume essa percepção de todos estudantes: “Geralmente quando chove na madrugada o dia costuma amanhecer mais fresco e mais úmido, o que dá uma sensação térmica mais fria” disse o estudante X.

Ainda sobre o assunto, a estudante Y trouxe a informação de que nem sempre uma umidade alta do ar causa a sensação térmica de resfriamento: “Ramon, eu não consigo ver direito...mas isso daí a umidade do ar ela pode estar relacionada ao conforto térmico trazendo mais sensação de frio no ambiente como também pode às vezes esquentar dependendo de como estava o dia anterior.”. O estudante Z trouxe um novo elemento à reflexão do texto, o fato da chuva também impactar na umidade das paredes, essa constatação não foi previamente pensada pelo professor-pesquisador e enriqueceu a discussão. A fala foi a seguinte: “Quando falou aqui que encostava na parede...sempre quando chove a parede fica muito úmida e bem gelada, acho que tem relação nisso.”.

O fator B) Incidência solar no ambiente, ao passar pela análise dos estudantes trouxe uma boa surpresa. Existia uma certa expectativa do professor de que a maioria dos estudantes simplesmente avaliasse esse fator como propenso a causar uma sensação térmica de calor, pois isso de fato acontecesse muitas vezes. No entanto, a maior parte dos estudantes, ao invés de analisar este fator isoladamente, fez uma análise na qual consideravam a influência da umidade do ar e do horário do dia em conjunto com a incidência solar. Isso indica que os estudantes aderiram à proposta do professor-pesquisador de analisar a situação de maneira mais próxima à realidade. As seguintes falas ilustram o que foi dito: “Eu acho que sei lá, se comparar um dia que amanheceu ensolarado com um dia que amanheceu nublado...não sei se vai fazer diferença porque de manhã o Sol não esquento tanto, é ao longo do tempo então...não sei se influencia tanto assim” disse o estudante X e “Eu acho que depois da chuva e quando o dia tá ensolarado pouco depois da chuva fica um clima não tão gelado e nem tão quente...então fica um clima ameno e traz conforto.” completou o estudante Z.

O terceiro fator C) Altura do prédio e o tipo de cômodo levantou algumas questões por parte dos estudantes. Por exemplo, sobre a altura os estudantes indagaram que a altitude geralmente reduz a temperatura, o quarto ser no primeiro andar o protege mais da incidência solar do que os outros e a ventilação é menor em andares mais baixos. A discussão do tipo de cômodo, caracterizado como possuindo ao menos uma janela, também provocou algumas falas dos estudantes. Dentre os tópicos apareceram: cômodos com mais móveis tendem a ter

uma sensação térmica de maior temperatura, quanto mais pessoas nos cômodos a sensação será de maior temperatura. Os fatores mais relatado tinham a ver com as características dos materiais, como cores das paredes e tipo de piso do quarto interferem na sensação térmica

Em relação a este último ponto, temos a seguinte fala do estudante L a se destacar:

Olha, eu pelo que estudei minha irmã quer uma casa de madeira então pelo o que entendi móveis de madeira tendem a ter uma maior quantidade de atrair mais raios solares que outros materiais tanto madeira quanto metal. Móveis e materiais de madeira e de metal tendem a ter mais calor que outros tipos de material como o concreto por exemplo.

Essa fala contém uma série de erros conceituais, como os materiais “terem o calor” e a confusão de que madeira e metal são condutores igualmente bons. Mas, é interessante ao mostrar que o texto evocou no estudante a reflexão sobre as características dos materiais e suas relações com o calor e temperatura. Lembrando que nenhum dos conceitos - calor, temperatura e condutividade térmica - foram apresentados até este momento nesta pesquisa pelo professor-pesquisador, sendo, portanto, erros decorrentes de experiências anteriores à sequência de aulas.

Em relação ao fator D) Diferença de temperatura entre os lados do corpo da pessoa, esperava-se que os estudantes simplesmente inferissem que o lado do corpo que fosse iluminado estaria em maior temperatura, resposta que realmente apareceu. No entanto, novamente os estudantes mostraram que estavam dispostos a interpretar a situação de um modo mais complexo, lidando com mais variáveis simultaneamente. A fala a seguir da estudante Y demonstra o que foi dito:

Olha, é...numa frase depois já fala do braço esquerdo estar encostado numa parede como uma parte do corpo está sendo iluminada e a outra não normalmente isso vai fazer meio que um choque térmico do seu corpo mas ao mesmo tempo vai trazer um...é...como explico?...se a parede estiver bem frio por conta da umidade que tem nas paredes depois da chuva faz com que seu corpo fique mais agradável porém se a parede estiver mais quente o seu corpo tende a aquecer mais por conta da iluminação.

Ainda dentro deste tópico, o estudante X dá o seguinte relato ao responder sobre como sentimos a sensação térmica: “Acho que é a pele né? É sempre a temperatura relativa né então se você está com frio...não, se seu corpo está com uma temperatura mais baixa as coisas vão parecer mais quentes para você mesmo que em outras temperaturas não pareça tanto assim... então sei lá se ele sentir alguma coisa no lado direito ela vai sentir essa coisa mais fria do que o lado esquerdo porque o lado direito provavelmente está mais quente.”. Nesta fala o

estudante demonstra saber que a sensação térmica de frio decorre de uma perda de calor da pele para o ambiente, logo se o Sol aquece mais o lado direito então se ele entrar em contato com algo de menor temperatura então a sensação de frio será mais pronunciada. Além disso também demonstra saber diferenciar sensação térmica de temperatura.

A intenção de questionar os estudantes sobre o fator E) Contato físico da pessoa com a parede era o de introduzir a questão da necessidade de contato na condução. No entanto, não houve por parte de nenhum estudante esta ligação entre o questionamento e o mecanismo, o que não é um problema, já que o assunto será tratado em aulas posteriores. Em relação ao fator F) Condutividade térmica dos materiais do ambiente, todos os estudantes compreenderam prontamente que o fato de termos uma sensação térmica de frio ao tocarmos em um objeto metálico se relaciona com sua condutividade. A fala do estudante Z que exemplifica é a seguinte: “Faz sentido, por exemplo quando você encosta em alguma madeira por exemplo pode estar na mesma temperatura mas se você encostar num metal que é um melhor condutor você sente bem mais frio.”.

Em relação ao fator G) Ventilação do ambiente, a intenção era que os estudantes refletissem sobre como o vento interfere na sensação térmica. No entanto, os estudantes preferiram focar em como funciona o mecanismo de ventilação e, com isso demonstraram saber ou ter uma boa ideia do mecanismo de convecção. A seguinte fala do estudante X resume bem todas as falas dos demais

Não sei se estou lembrando certo...mas tinha aquele negócio que o calor ele espalha nos gases e nos líquidos por convecção né? Então esquenta a parte de baixo, ela fica menos densa e sobe essa parte de baixo para cima fazendo esse movimento de baixo para cima. Tipo, a brisa vindo dos pés para a cabeça e da cabeça para os pés.

Por fim, com o fator H) Horário em que se analisava e inércia térmica do ambiente, a intenção seria a de introduzir o assunto da inércia térmica proporcionado pela alta umidade do ar. O termo inércia térmica já havia sido igualado ao conceito de calor específico, previamente conhecido pelos estudantes. Devido ao horário, os raios solares ainda não teriam conseguido influenciar o ambiente térmico, devido a alta umidade do ar conseguir absorver a energia destes raios sem se aquecer muito. Desta forma, sem se aquecer muito proporciona uma sensação térmica de menos calor. Neste tópico os estudantes não conseguiram articular muitas ideias, mas o estudante Z chegou a pensar devidamente a situação mas sem chegar em uma conclusão:

Olha, quanto mais tempo passa a umidade fica normal, se a umidade do local é tal se chover ela vai aumentar mas com o tempo ela vai diminuir então se choveu mais para de noite agora vai estar mais úmido que antes, mas acho que isso depende também da evaporação.

Existe em Freire (1987, p.62) o conceito de codificação como sendo uma representação de uma situação real que evidencia os elementos constitutivos desse todo da situação e as interações entre eles, e também a descodificação como o processo de se analisar criticamente uma situação codificada. A utilização desse texto problematizador teve justamente essa intencionalidade de estimular que os estudantes codificassem a situação narrada, ou recodificassem, já que a utilização de um texto pronto já demonstra uma certa codificação prévia realizada pelo professor-pesquisador.

Posteriormente ao tempo de leitura individual dos estudantes, o professor-pesquisador conduziu uma reflexão crítica conjunta com os estudantes de cada uma das frases do texto problematizador e com isso buscou-se esmiuçar a presença dos conceitos científicos presentes. Essa etapa da aula teve a intencionalidade de se constituir num processo de descodificação, ou seja, de que o texto fosse analisado criticamente pelos estudantes com o auxílio do professor- pesquisador.

Essa análise frase a frase agradou os estudantes, eles relataram que isso facilita a aprendizagem. O seguinte relato do estudante L resume bem as falas:

Eu também acho uma forma boa abordar de pouco em pouco, porque às vezes o professor quer ler o texto inteiro aí tipo isso faz com que a gente não preste muita atenção e que a gente perca muita coisa que ia ser bom na aula e aí se for essa forma de discutir com as pessoas que estão cada uma dando sua opinião é muito bom.

Nesse momento de descodificação, os estudantes ainda trouxeram elementos adicionais ao texto, por meio de suas experiências sensoriais e também de raciocínios diversos.

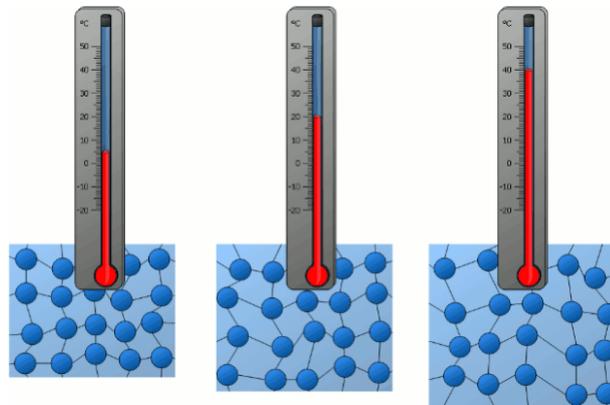
A codificação do texto foi feita de modo que sua descodificação permitisse levantar os aspectos dos mecanismos de troca de calor e aspectos ambientais no conforto térmico, mas não de forma diretiva e sem excluir a possibilidade de surgirem novos temas não intencionais. O que de fato ocorreu durante as conversas sobre o texto, surgindo conceitos que seriam posteriormente abordados e conceitos que o professor- pesquisador não pretendia abordar, mas que foram colocados em discussão pela demanda dos estudantes.

Sobre esse tipo de descodificação Freire (1987, p.69) afirma:

Ao oferecerem possibilidades plurais de análises, no processo de sua decodificação, as codificações, na organização de seus elementos constituintes, devem ser uma espécie de “leque temático”. Desta forma, na medida em que sobre elas os sujeitos decodificadores incidam sua reflexão crítica, irão “abrindo-se” na direção de outros temas.

Além do texto problematizador, também foi utilizado um *gif* que mostra a agitação molecular presente em líquidos em três diferentes temperaturas. Ele foi utilizado para definir com os estudantes a temperatura como sendo a agitação média das partículas de um material qualquer. Uma captura de tela do *gif* consta abaixo:

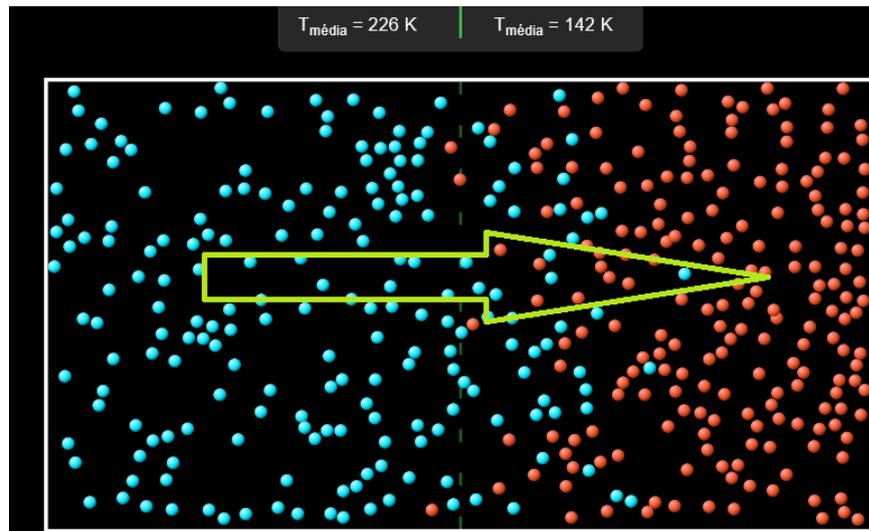
Figura 1 — Agitação Molecular (Calor e Temperatura)



Fonte: *Gifs* de Física (<https://gifsdefisicacom.wordpress.com/2019/09/30/agitacao-molecular-calor-e-temperatura/>, acessado em fevereiro de 2023)

O conceito de calor foi trabalhado por meio de um simulador de difusão, nele é possível verificar que o fluxo de calor é mais intenso quanto maior a diferença de temperatura entre os corpos e revisar o conceito de temperatura como anteriormente definido. Após variarmos as condições do simulador, foi apresentada aos estudantes a definição de calor como fluxo de energia do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Uma captura de tela do difusor consta abaixo:

Figura 2 — Difusão



Fonte: PHET (https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_pt_BR.html, acessado em fevereiro de 2023)

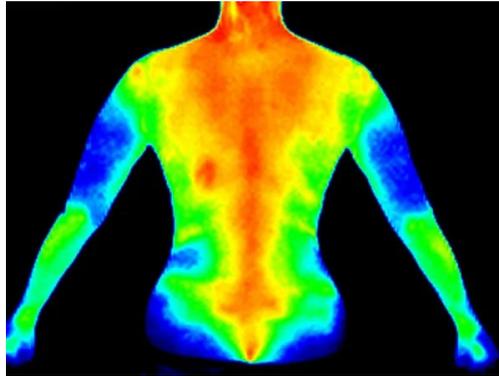
Os três mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) foram trabalhados com os estudantes por meio de imagens e discussões de situações do texto problematizador. Algumas das imagens utilizadas foram:

Figura 3 — Radiação Solar



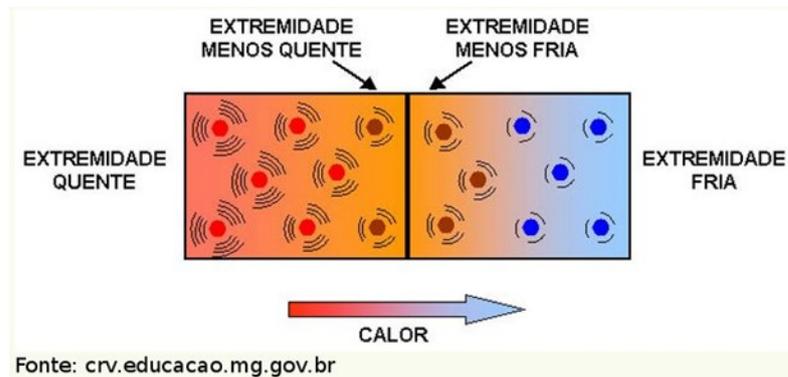
Fonte: NeoSolar (<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar>, acessado em fevereiro de 2023)

Figura 4 — Fotografia Térmica



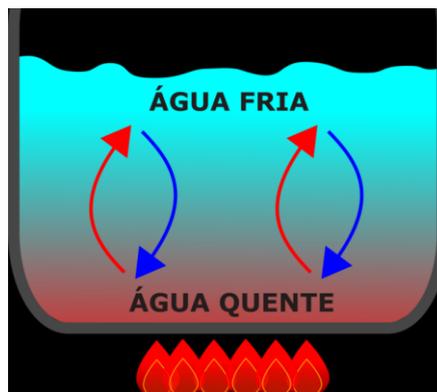
Fonte: Uol (<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm> , acessado em fevereiro de 2023)

Figura 5 — Esquema de transferência de calor



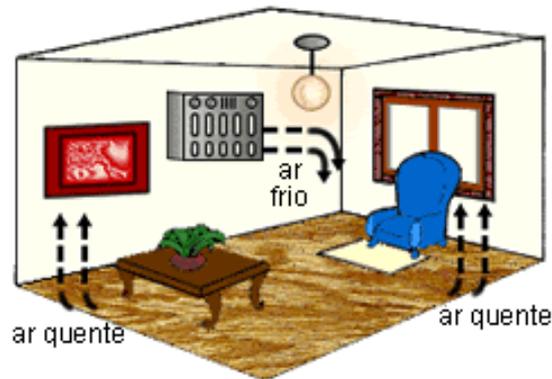
Fonte: Toda Matéria (<https://www.todamateria.com.br/equilibrio-termico/>, acessado em fevereiro de 2023)

Figura 6 — Correntes de convecção no aquecimento da água



Fonte: Quero Bolsa (<https://querobolsa.com.br/enem/fisica/conducao-conveccao-e-radiacao>, acessado em fevereiro de 2023)

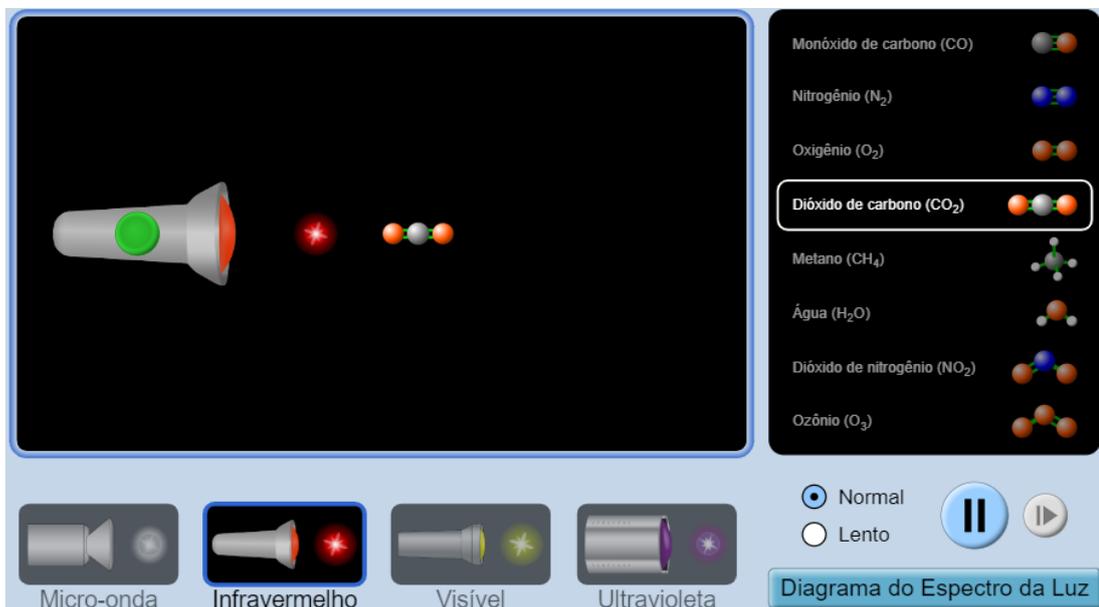
Figura 7 — Convecção Térmica



Fonte: Unisul (<https://fenomenosdetransporte2unisul.wordpress.com/2013/03/10/>, acessado em fevereiro de 2023)

Para o estudo da radiação ainda foi utilizado um simulador nomeado “Moléculas e Luz”, que mostra o comportamento de algumas moléculas ao interagir com alguns tipos de radiação. Uma captura de tela do simulador está abaixo:

Figura 8 — Moléculas e Luz



Fonte: Phet (https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR, acessado em fevereiro de 2023)

Os estudantes aprovaram a utilização de imagens, *gifs* e simuladores para os mencionados estudos, o que aparece em frases como:

- I. “...sobre as demonstrações os meus professores usam a mesma coisa e acho que ajudava porque era uma forma de visualizar o que estava acontecendo.” – Estudante Y;
- II. “Ajuda porque a gente um conhecimento do que pode estar certo ou não e ao longo da simulação a gente consegue perceber se aquilo realmente era um equívoco ou se era algo assertivo.” – Estudante K;
- III. “Eu sempre acho que uma aula mais interativa acaba que a gente aprende mais né, primeiro porque você consegue focar mais né, as simulações fazem a gente entender melhor do que ficar só explicando. Então se você mostra uma figura, a forma como acontece realmente, nos faz ...ficar mais interessados na matéria.” – Estudante Z

Durante a apresentação das simulações, foi feito pelo professor-pesquisador um movimento de retomada do texto. Esse movimento é para permitir a visualização da situação como um todo e melhora no entendimento de suas partes e inter-relações. Este movimento assemelha-se ao descrito por Freire (1987, p. 62) em relação a descodificação:

A descodificação da situação existencial provoca esta postura normal, que implica num partir abstratamente até o concreto; que implica numa ida das partes ao todo e numa volta deste às partes, que implica num reconhecimento do sujeito no objeto (a situação existencial concreta) e do objeto como situação em que está o sujeito.

Esse movimento de retomada foi percebido pelos estudantes e eles emitiram as seguintes opiniões sobre quando foram questionados: I) “...deu para entender porque as partes que a gente pegou para explicar o texto né, foram bem explicadas fora do momento do texto. As figuras, explicação das figuras são interativas e atrativas.” relatou o estudante Z e II) “Eu achei muito bom, eu gosto da ideia do texto e de mostrar as imagens e simulações e juntar os dois tipo e ir retomando um pouquinho do texto enquanto faz a simulação é uma maneira muito boa de dar aula. Eu gosto disso.” disse o estudante L.

A interação dos estudantes nessa aula manteve-se intensa, emitiram muitas opiniões, tanto estimuladas quanto espontâneas e apropriaram da situação proposta no texto problematizador. Também propuseram mudanças no estilo das aulas como em: I) “Mas acho que podia juntar um pouco dos dois depois que eu e o estudante K dissemos sobre a questão da brisa você podia trazer para a gente um conceito para a gente ter ideia assim, vocês falaram isso e realmente existe a tal da convecção ou não existe que aí a gente também vai aprendendo conforme for fazendo isso.” solicitou o estudante X.

O estudante X refere-se ao fato de que nessa aula o professor-pesquisador em vários momentos durante a etapa inicial de leitura e discussão do texto problematizador não emitiu aos estudantes a avaliação sobre se a análise que fizeram da situação estava certa ou errada, deixando para avaliar as afirmações posteriormente durante a parte mais expositiva dos conteúdos. Embora esse modo de atuação do professor-pesquisador fosse intencional para que os estudantes dialogassem e teorizassem de maneira mais livre, o professor-pesquisador se propôs a aumentar um pouco o grau de avaliação durante a etapa de problematização, em especial com esse estudante, sem que, no entanto, isso inviabilizar a intencionalidade deste momento.

4.3 Aula III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial)

Essa aula iniciou-se com um slide montado pelo professor-pesquisador, que consta no Apêndice B, contendo um resumo dos conceitos apresentados na aula anterior e o slide foi nomeado de “O que já vimos até aqui”. A motivação de iniciar com esse resumo veio da percepção do professor-pesquisador de fornecer subsídios conceituais já trabalhados pelos estudantes na aula anterior, visando enriquecer a problematização das situações de textos problematizadores que ainda seriam tratados. Também cumpre a função de sistematizar a situação-problema da aula anterior. já que optou-se por um texto que evidenciasse as complexidades de uma situação real, e deste modo, na visão do professor-pesquisador e também por demanda não verbalizada dos estudantes, é necessário nos momentos oportunos simplificar a situação já trabalhada. Esse movimento, de deixar a situação mais complexa até certo ponto e a simplificar em certo momento, vai de encontro ao relato de Freire (1987, p.69) em relação a codificação:

Igualmente fundamental para a sua preparação é a condição de não poderem ter as codificações, de um lado, seu núcleo temático demasiado explícito; de outro, demasiado enigmático. No primeiro caso, correm o risco de transformar-se em codificações propagandísticas, em face das quais os indivíduos não têm outra descodificação a fazer, senão a que se acha implícita nelas, de forma dirigida. No segundo, o risco de fazer-se um jogo de adivinhação ou “quebra-cabeça”

Durante a retomada do resumo da última aula, surgiu da parte do estudante X uma dúvida bem interessante, o estudante ficou em dúvidas sobre como diferenciar o mecanismo de convecção da condução: “Ramon, nesse caso da condução se eu tipo...dois líquidos em

temperaturas diferentes mas os dois no mesmo recipiente não é uma condução?”. Essa é uma dúvida bem relevante pois de fato os mecanismos têm em comum o fato de necessitarem de contato físico para ocorrer, o professor-pesquisador respondeu que durante a convecção de fato existe a troca de calor devido a condução térmica, principalmente na interface de contato inicial dos líquidos, só que o mecanismo que prevalece é o de convecção. Durante a pequena revisão bibliográfica dos oito livros didáticos mencionados no tópico, também foi notado pelo professor-pesquisador que não há a atenção a este fato em nenhum dos livros analisados.

Posteriormente, foram utilizados dois novos textos problematizadores de autoria do professor-pesquisador descrevendo uma situação-problema. Foi dado um tempo para os estudantes fazerem a leitura e eles foram convidados a pensar sobre como estaria a sensação térmica de uma pessoa no ambiente descrito. Os textos foram construídos utilizando elementos das falas dos estudantes, em consonância com as intenções de ensino do professor-pesquisador. O primeiro texto apresentado foi o seguinte:

Em um quintal o solo é escuro e úmido e há também a presença de muitas árvores, uma pessoa está sentada embaixo de uma destas árvores e entre as folhas passam alguns raios solares que chegam até a pessoa e o dia está bastante ensolarado e não há ventos.

A questão do solo ser escuro não gerou dúvidas nos estudantes e, todos eles mencionaram que existe uma tendência deste solo absorver mais radiação solar do que se fosse claro. No entanto, o papel da umidade no solo não foi unânime. Os estudantes X e Y acreditam que o solo úmido se esquentará, mas o estudante Z acredita que se o solo fosse seco poderia se aquecer mais. Estas duas previsões podem vir de dois fatores: o solo úmido ele tem uma inércia térmica maior e, após se esquentar, continuará em maior temperatura por mais tempo. E o solo seco, pelo mesmo motivo, se aquecerá mais rapidamente, mas não será capaz de manter essa temperatura alta após a fonte de calor não estar mais disponível. Como o momento da conversa sobre o texto é para que os alunos reflitam por conta própria, com a menor intervenção possível do professor, não foi dito pelo professor-pesquisador quem estaria certo ou dita uma explicação sobre o assunto neste momento.

Em relação a presença de muitas árvores, a percepção dos estudantes sobre como isso afeta a sensação térmica foi muito boa. E também o estudante Z utilizou sua experiência sensorial para avaliar essa influência. As falas dos estudantes X e L respectivamente ilustram: “As árvores, elas...considerando que tem vários tipos de árvore né...elas fazem sombra e transpiram né? Então elas aumentam a umidade do ar e permitem que a radiação não bata direto na pessoa.” e “Acho que diminui por causa das árvores daqui de casa, aqui é muito

fresco...tipo...Sabará acho que tá fazendo 32 graus mais ou menos e aqui em casa tá uns 27 graus só.”.

A questão de a pessoa estar sentada em um solo úmido, e sem incidência direta dos raios solares, que foi algo percebido pelos estudantes, foi avaliada com tranquilidade e eles informaram uma provável sensação térmica mais de frio do que de calor. Ao serem questionados pelo professor pesquisador, os estudantes identificaram que o mecanismo de troca de calor com a pele neste caso foi a condução. Em relação ao dia estar ensolarado os estudantes responderam prontamente que a tendência é este fator contribuir para uma sensação térmica de mais calor, no entanto não gerou mais engajamento ou questões.

Por fim, os estudantes foram questionados sobre o papel da ventilação. Apesar de todos terem respondido que geralmente os ventos interferem, houve algumas interações a mais com o tema. O estudante L evocou uma questão geográfica das correntes de ar ao dizer que: “Eu acho que depende porque o ar traz...tipo assim...se for uma ventania traz da região que ele tá vindo. Então se está vindo do Sul do Brasil talvez venha mais fria, se vier do Nordeste tá vindo mais quente. Eu acho que depende da onde tá vindo.” e o estudante Z se dispôs de sua experiência sensorial para avaliar a questão ao dizer que: “Ajudar a esquentar eu não sei...mas esses dias para trás eu estava em Natal e lá era muito quente e o vento lá também era muito quente então tipo assim começava a ventar e você abria a janela do quarto entrava um ar quente no quarto que impregnava, mas ao mesmo tempo o vento não deixava ficar muuuuito mais quente então não sei.”

Na sequência foi apresentado um segundo texto problematizador:

Dentro da casa está uma segunda pessoa na sala de estar, as paredes da casa são relativamente finas e externamente são pintadas de um azul bem escuro e internamente tanto as paredes quanto o teto são brancos. O chão é feito de granito, a janela é feita com contornos de ferro e está parcialmente aberta, ao contrário do quintal existe bastante ventilação na sala.

O primeiro elemento deste texto avalia a influência da espessura das paredes. Os estudantes demonstraram entender que o fluxo de calor entre o ambiente externo e interno depende deste fator. O estudante X relaciona a menor espessura de uma parede com a perda de calor pelo ambiente interno ao dizer: “Acho que é a mesma coisa por exemplo de uma parede de gesso, se for comparado com uma parede de concreto né, a parede de gesso geralmente como é mais fina, o clima da casa fica um pouco mais gelada né. Acho que tem relação com isso.”. A estudante Y utiliza ao mesmo tempo o fator cor das paredes e o da espessura das paredes e reconhece que a espessura da parede pode também facilitar o fluxo de

calor do ambiente externo para o interno: “Eu não tenho muita certeza mas como está falando no texto que a parte de fora é um azul bem escuro então ele absorve mais calor e por ser fina talvez passe mais rapidamente para dentro da casa”. O estudante Z mostra a compreensão de que a espessura da parede facilita tanto o ganho quanto a perda de calor pelo ambiente interno, isso pode ser percebido em sua fala: “Vou pensar na....transferência de calor de dentro para fora e de fora para dentro...uma parede mais fina isola menos né então a transferência vai ser mais ou menos intensa de acordo com a grossura da parede.”.

Todos os estudantes concordaram que a cor escura das paredes externas contribui para o aquecimento do ambiente, por absorção de calor pelas paredes e, consequente sensação térmica de mais calor, mas não gerou maiores questões. Da mesma forma, todos estudantes concluíram que a parte interna ter paredes e teto brancos contribuem para um ambiente interno de menor temperatura, para isso citaram a maior reflexão da luz neste caso. Com este trecho o professor pesquisador tinha a intenção que os estudantes pensassem sobre a influência das cores, o que, de fato, aconteceu. E também que pensassem sobre como a parte interna ser branca influenciaria as fontes internas de calor como os móveis, eletrodomésticos e seres vivos. Mas, nenhum dos estudantes apontou essa relação e isto indica que o texto não forneceu elementos suficientes para que eles pensassem sobre isso.

A influência do piso foi percebida pelos estudantes por meio de suas experiências sensoriais. Todos concordaram que o granito favorece uma sensação térmica de mais frio. Os estudantes foram questionados sobre o sentido do fluxo de calor, neste caso e a resposta do estudante X representa bem todas as falas: “Se você está sentindo mais frio e está encostando então é uma condução e esse calor tá indo da sua mão para a pedra né.”

Em relação aos contornos de ferro, os estudantes perceberam que a sensação térmica de mais frio relaciona-se com a condutividade térmica. Porém, o estudante Z demonstrou ainda não ter entendido perfeitamente o funcionamento do mecanismo de troca de calor neste caso. Dois estudantes entraram em desacordo sendo que um deles mencionou que: “Tem a ver com a condução? Então é isso por exemplo uma armação de janela feita de madeira retém mais calor.” enquanto que a outra estudante diz que: “Eu concordo com você mas acho que o da madeira retém menos do que o ferro.”. Essas falas dos estudantes Z e Y demonstram que, neste pontos os estudantes ainda estavam cometendo o erro conceitual de acreditar no calor como uma energia retida.

Mas também demonstra que o estudante Z associou a sensação de mais calor que o toque na madeira proporciona como fruto de uma “maior retenção de calor”, enquanto que a estudante Y atribui essa sensação justamente ao fato da madeira ter uma “menor retenção de

calor” e portanto uma menor perda de calor da mão para a madeira. Logo o primeiro estudante ainda estava com dificuldade de interpretar como se dá o fluxo de calor, enquanto que a segunda demonstrou entender como se dá esse fluxo embora tenha feito um uso equivocado do conceito de calor. Neste instante ainda não havia sido ensinado sobre a condutividade térmica aos estudantes pelo professor-pesquisador, algo que foi feito na sequência da mesma aula.

A parte do texto que menciona que a janela estava parcialmente aberta foi utilizada para que os estudantes pensassem sobre o fato do vidro principalmente transmitir a luz, ao invés de refletir ou absorver essa luz. Essa parte não gerou falas interessantes para serem analisadas e, apenas este fato foi percebido com facilidade por todos estudantes.

Os textos problematizadores descreveram situações nas quais várias fatores interagem simultaneamente entre si e, com a pessoa gerando uma determinada sensação térmica. Optou-se novamente por textos que evidenciassem as complexidades de uma situação real, para evitar que o texto levasse a uma única resposta possível, não idealizada demasiadamente mas respeitando a necessidade de não ser indecifrável.

Se no texto da aula anterior o foco era nas inter-relações dos mecanismos de transmissão de calor com os fatores ambientais, nestes textos, focou-se na interação dos elementos de um ambiente artificial de uma casa como suas paredes, teto, janelas...com os fatores ambientais. O objetivo foi o de deslocar o olhar dos estudantes sobre as condições de suas próprias moradias, locais de estudo, lazer e trabalho.

Após uma ótima detecção (tanto voluntária quanto guiada pelo professor pesquisador), pelos estudantes, dos conceitos importantes na determinação da sensação térmica do ambiente no primeiro texto problematizador proposto durante a Aula II, e também devido ao fato de a Aula III se propor a apresentar uma gama maior de conceitos físicos do que a anterior, foram apresentados pelo professor dois textos problematizadores mais concisos e com menos pistas para auxiliar a reflexão dos estudantes acerca da sensação térmica do ambiente.

No texto apresentado na Aula II, havia relativamente mais elementos que indicavam uma determinada sensação térmica do que outra. Já nos dois textos apresentados na Aula III e, em especial, no primeiro os elementos que indicavam um ambiente mais confortável e os que indicavam um ambiente mais desconfortável estavam em número quase igual, o que aumentou a complexidade do texto e foi sentido pelos estudantes como pode ser percebido em seus relatos: I) “Teve alguns pontos dele que me deixaram um pouco confusa, mas...por ele ser mais simples do que o outro ele ser mais sucinto que o outro então ele (inaudível)...acho melhor.” relatou a estudante Y, II) “ Ele tem alguns detalhes um pouco mais sutis eu acho,

mas ele é mais simples. É meio esquisito, meio contraditório, mas é isso que eu penso. O texto está mais complicado, tem muitas coisas que apontam um clima fresco e outros que apontam mais calor.” disse o estudante Z, III) Ah, eu gostei tanto desse quanto do outro, acho que tipo...a abordagem foi a mesma mas causou um efeito diferente por causa tanto do tamanho do texto quanto dos detalhes né? relatou o estudante L e por fim disse o estudante X: IV) “ É interessante só pensar que geralmente são tantos fatores, alguns que ajudam e alguns que atrapalham, que é difícil ter noção o que realmente....se tá mais quente ou mais frio....mas bem interessante esse texto e tem bem mais informação do que o da aula passada.”

Embora a interação dos estudantes com esses textos tenha se mantido bem intensa, com os estudantes emitindo muitas opiniões e fazendo muitas considerações, na avaliação do professor-pesquisador um texto que fosse um pouco menos conciso e com um único elemento a mais indicando uma certa sensação térmica teria sido mais efetivo. Apesar disso, ainda que com mais dúvidas que na aula anterior, os estudantes conseguiram emitir uma opinião sobre a sensação térmica do ambiente e não ficaram imobilizados.

Posteriormente ao tempo de leitura dos estudantes, o professor-pesquisador conduziu com eles uma reflexão crítica conjunta de cada uma das frases dos textos problematizadores e com isso buscou-se esmiuçar a presença dos conceitos científicos presentes. Essa etapa da aula também teve a intencionalidade de se constituir num processo de decodificação, ou seja, que o texto fosse analisado criticamente pelos estudantes com o auxílio do professor-pesquisador.

Na análise crítica dos textos, os estudantes utilizaram em muitos momentos suas percepções sensoriais para pensar a situação problema propostas, constituindo-se de um recurso bem útil aos estudantes para analisarem os textos que estavam mais sucintos e com menos elementos explícitos que indicavam uma ou outra sensação térmica.

Na sequência dessa aula, o professor-pesquisador ensinou como os fatores ambientais relevantes na determinação da sensação térmica interagem com o ambiente, contribuindo para uma sensação térmica de mais frio ou uma sensação térmica de mais calor. Foi ensinado sobre as fontes de calor de um ambiente, os fenômenos de absorção, reflexão e transmissão de luz, o calor específico dos materiais, condutividade térmica dos materiais, a radiação solar direta e difusa e a importância da água na determinação da sensação térmica ambiental. O professor-pesquisador também abordou com os estudantes como os elementos constitutivos de um ambiente natural ou artificial contribuem para a sensação térmica, foram abordados os seguintes elementos: paredes, teto, chão, janelas, vegetação e corpos d’água.

O conceito de calor específico, ou inércia térmica foi compreendido sem maiores dificuldades pelos estudantes. A fala do estudante X quando questionado pelo professor-pesquisador sobre como estaria a água durante a noite após um dia ensolarado, exemplifica o que foi dito: “Porque aí como ela tem a inércia maior, como ela ficou o dia inteiro recebendo calor depois que ela esquentou aí ela demora a esfriar.”

A determinação do conceito de radiação solar difusa, como uma radiação absorvida e espalhada devido à reflexão ou devido à reemissão pelas nuvens ou outros obstáculos, mostrou-se insuficiente. Quase todos os estudantes compreenderam o conceito e não colocaram questões sobre ele, porém o estudante X fez um questionamento muito pertinente e muito natural de se acontecer quando a questão é melhor pensada. Portanto, foi incluída uma explicação mais aprofundada sobre o processo de espalhamento da luz ou define-se a radiação solar difusa diretamente se valendo do espalhamento da luz e sem mencionar a reemissão. Devido a grande densidade conceitual dessa aula, recomenda-se a segunda opção.

O questionamento do estudante foi o seguinte: “Então, isso é muito estranho...se eu pensar num dia nublado por exemplo em que todo o céu está coberto de nuvens de certa forma é dizer que as nuvens estão brilhando e não que elas estão diminuindo a luz do Sol.”. Esta fala evidencia uma confusão do estudante e que decorre de uma definição insuficiente dada pelo professor-pesquisador. O estudante demonstra compreender que a radiação difusa é só e necessariamente a luz visível, e que a nuvem estaria sendo uma fonte principal de luz ao invés de uma espalhadora.

Após uma definição mais detalhada ser dita, o estudante X emitiu a seguinte fala:

Não (respondendo ao questionamento do professor-pesquisador se a nuvem era uma fonte principal de luz) , porque assim não é como se ela fosse uma fonte.. mas é como se ela fosse a Lua...ao invés da...porque a impressão que dá quando tá nublado é só que a nuvem diminuiu a radiação do Sol, mas pensando desse outro jeito dá a entender que a nuvem consegue...é quase como se ela brilhasse...porque ela pega do Sol e depois reemite por isso que fica mais fraca a radiação.

A questão da radiação difusa ser menos energética que a radiação direta foi unânime entre os estudantes e não gerou mais questões. Eles facilmente identificaram em suas residências uma série de fontes de radiação difusa.

Os estudantes foram questionados sobre a seguinte combinação: uma parede grossa e com baixa inércia térmica, como ela reagiria ao fluxo de calor entre o ambiente interno e o ambiente externo? Praticamente todos os estudantes demonstraram uma boa compreensão da situação e a fala da estudante Y evidencia isso: “Depende né, se lá fora estiver mais quente

então a parede vai esquentar rápido por ter baixa inércia mas por ser grossa talvez antes do calor chegar na parte de dentro ele já foi perdido...então acho que não vai esquentar tanto assim”.

Por fim, o professor-pesquisador conversou com os estudantes sobre o efeito estufa. Todos os estudantes demonstraram conhecer o mecanismo e, em relação a isso, nenhuma trouxe questões para esta pesquisa. No entanto, na sequência, a estudante Y apresentou uma vivência que ela teve em uma aula de outra disciplina: “É porque essa matéria aqui basicamente eu tive em geografia e em física, de formas diferentes mas meio que se completa. E aí meu professor de geografia falou algo que eu achei um absurdo: ele disse que não existe efeito estufa no deserto, tipo existe né? Nem que seja pouco...”, essa fala é interessante pois demonstra que a estudante usou os conhecimentos dessa aula para avaliar um contato anterior com este conteúdo e, este é um bom indicativo de engajamento.

Outra fala dentro deste tópico que merece destaque é a seguinte fala do estudante X:

Agora eu fiquei um pouco perdido porque eu lembro que a ideia que depois que o calor entra era como se fosse mais fácil ele ficar lá dentro do que sair, então ele fica rebatendo lá dentro e ficando. Mas aí se o vidro deixa passar de um lado porque ele não deixaria passar de novo pro outro lado?

Para sanar esta dúvida, o professor-pesquisador explicou que, tal qual a luz visível, que apresenta diversos tipos que identificamos como cores, a radiação infravermelho também existe em diversos tipos e que o vidro não é capaz de reter todo tipo de infravermelho. Essa percepção é bastante desejável na análise das situações problematizadoras que propomos nesta pesquisa, pois indica o reconhecimento por parte do estudante de uma situação mais complexa.

Nessa análise crítica dos textos, os alunos demonstraram um bom domínio da utilização de conceitos abordados e ensinados na Aula II, como por exemplo: as definições de calor e de temperatura, mecanismo de condução, o fato de a sensação de frio advir da perda de calor do corpo humano ao ambiente, conceito de inércia térmica/calor específico e sobre o mecanismo de radiação. Embora, eventualmente, em situações pontuais já apontadas eles tenham demonstrado alguma dificuldade, enquanto em outras não. Além disso, as discussões propostas trouxeram também aos estudantes novas dúvidas e percepções além das intencionais, como, por exemplo, numa aula de geografia que o estudante Y refletiu sobre a existência ou não de efeito estufa num deserto e quando o estudante X teve dúvidas sobre existirem diferentes tipos de Infravermelho. Isso reafirma o potencial dos textos problematizadores em abrirem o “leque temático” das descodificações.

Foi novamente realizado o movimento de ao final da aula retomar os textos problematizadores e, realizar a comunicação dele com os conceitos discutidos e ensinados, também com o intuito de melhorar a percepção dos estudantes sobre o todo, sobre a situação global descrita e agora com mais elementos conceituais para facilitar a percepção. Esse movimento foi percebido pelos estudantes, embora ainda seja possível notar que o novo estilo dos textos geraram sugestões e certas dúvidas/pensamentos aparentemente contraditórios nos estudantes como evidenciado no longo relato a seguir do estudante X:

- I. “Eu acho assim que o texto ele comunicou bem (com os conceitos) embora seja mais complicado, não sei se porque tinha muita coisa ou se é porque realmente a gente vai aprofundando aos poucos não foi tão claro assim a comunicação do texto com os conceitos embora tenha dado assim para perceber [...] mas pelo menos depois de ver os conceitos deu para entender melhor o que está acontecendo assim no macro e no micro no texto.[...] saber que tem eles (os conceitos) assim muda alguma coisa né, principalmente falando de adicionar outras informações saber por exemplo a região onde a pessoa mora, se é perto do mar ou se não é...aí os conceitos fariam até mais diferença ainda mas só que o texto ficaria muito cheio.”

Nessa aula, também foi assumida pelo professor-pesquisador uma postura levemente mais diretiva, no sentido de avisar com um pouco mais de frequência durante as discussões dos textos problematizadores se seus raciocínios estavam corretos ou não de acordo com os conceitos. Essa posição foi mencionada na Aula II como uma demanda dos estudantes, e isso pode ser um indicativo da tendência de alguns estudantes em optarem por aulas mais “tradicionais”. Porém essa questão não é objeto de estudo dessa pesquisa, embora seja uma questão interessante para ser investigada.

4.4 Aula IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação)

Nesta quarta aula, houve uma inversão na dinâmica da aula. As duas aulas anteriores foram iniciadas com a análise dos textos problematizadores, nesta aula o professor-pesquisador optou por iniciar com o ensino dos conceitos, embora, mantendo a dialogicidade e reflexão crítica nesta exposição do conteúdo.

Essa opção deu por três motivos: I) Já havia a intenção de diversificação do estilo das aulas para que a sequência de aulas não se tornasse monótona e repetitiva e com isso a possibilidade da motivação dos estudantes cair. II) Nesta aula seriam apresentados mais uma série de conceitos, e com isso havia a possibilidade de a situação problema do texto problematizador ficar complexo em demasia. III) Havia ainda a intenção, por parte do professor-pesquisador, de construir coletivamente e em tempo real com os estudantes um texto problematizador. Portanto, seria necessário fornecer conteúdos para que os estudantes pudessem utilizá-los na escrita, caso houvesse o interesse deles.

Foi mantido nessa aula o fato de se iniciar com um slide montado pelo professor-pesquisador, com um resumo dos conceitos apresentados na aula anterior. O slide foi nomeado de “O que já vimos até aqui”, e foi atualizado com os conteúdos da Aula III.

Na sequência, houve um momento de escuta dos estudantes acerca da ideia que tinham dos conceitos de Sensação Térmica e Conforto Térmico, já que, apesar de eles já estarem sendo utilizados tanto pelo professor-pesquisador quanto pelos estudantes desde a Aula I, até esse momento suas definições não haviam sido enunciadas. Os estudantes demonstraram que têm no geral clareza dos conceitos de Sensação Térmica e Conforto Térmico, inclusive sabendo diferenciar um do outro e também de diferenciá-los do conceito de calor e temperatura. Embora em alguns poucos momentos demonstrem insegurança ou mesmo alguns erros.

Em relação ao conceito de sensação térmica, a fala a seguir da estudante Y resume bem o que foi dito por todos estudantes:

Eu não tenho certeza, mas na minha concepção a sensação térmica é tipo a forma como você está sentindo que tá o ambiente não necessariamente a temperatura que ele tá, tipo se tiverem fatores que mudam aquela sensação a nossa forma de interpretar como está a temperatura ambiente pode ser diferente.

Na definição de conforto térmico, uma das estudantes evoca o conceito de neutralidade térmica, que é condição necessária embora não suficiente, para uma pessoa estar em conforto térmico. A definição dada pela estudante Y é a seguinte: “Acredito que conforto térmico, posso estar muito enganada....mas acredito que seja para uma certa temperatura para o nosso corpo não esteja nem frio e nem quente sabe? Uma temperatura que se eu quiser colocar uma blusa eu posso e não preciso me importar tanto se ela vai interferir com minha sensação de como está o ambiente.” A mesma noção de neutralidade térmica aparece na fala do estudante X, dessa vez associado aos mecanismos de regulação de temperatura do corpo humano: “Tá relacionado o quanto o próprio corpo não precisa se auto regular demais de

acordo com a temperatura do ambiente, então é como se o ambiente e o corpo estivesse num equilíbrio bom assim.”. Tais definições foram dadas antes desses conceitos serem apresentados pelo professor-pesquisador, o que evidencia uma ótima noção de tais conceitos.

Para focar nas relações do corpo humano com o conforto térmico, foi utilizado um slide nomeado “Aula 2 – Conforto Térmico” da disciplina Desempenho Térmico de Edificações do Curso de Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ministrada pelo professor Roberto Lamberts. Neste material, é apresentada uma definição de Sensação Térmica dada pela *American Societ of Heating, Refrigeration and Air Condiotioning Engineers*) (ASHRAE,) muito utilizada na Arquitetura, que enuncia as variáveis humanas e ambientais do conforto térmico como a atividade desempenhada pela pessoa, os mecanismos termorreguladores do corpo humano e o papel da vestimenta.

De certa forma essas variáveis ambientais são importantes e já haviam sido abordadas nesta pesquisa, por meio do estudo dos mecanismos de troca de calor entre as pessoas e o ambiente e fatores ambientais. Foi facilmente notável a maior desenvoltura dos estudantes na relação das novas informações fornecidas com as já ensinadas. Esse aumento no entendimento dos estudantes em relação aos conceito físicos relacionados à sensação térmica é similar ao processo de retorno da totalidade com mais clareza, ou seja, com a capacidade de se analisar as suas partes constituintes após ter vislumbrado essa totalidade. Esse processo é descrito por Freire (1987, p.61).

Ainda no slide sobre conforto térmico consta uma fórmula de cálculo da sensação térmica chamada “voto médio predito” ou PMV. A fórmula consta abaixo:

Figura 9 — Fórmula de voto médio previsto

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

Onde:

M = Taxa metabólica, em W/m²,

W = Trabalho mecânico, em W/m², sendo nulo para a maioria das atividades,

Icl = Resistência térmica das roupas, em m².°C/W,

fcl = Razão entre a área superficial do corpo vestido, pela área do corpo nú,

ta = Temperatura do ar, em °C,

tr = Temperatura radiante média, em °C,

var = Velocidade relativa do ar, em m/s,

pa = Pressão parcial do vapor de água, em Pa,

hc = Coeficiente de transferência de calor por convecção, em W/m².°C,

tcl = Temperatura superficial das roupas, em °C.

Pode ser obtida a partir do MET
(1MET=58,2W/m²)

Pode ser obtida a partir do CLO
(1CLO=0,155m².C/W)

Fonte: Desempenho Térmico de Edificações

Nessa complexa e deselegante fórmula constam as diversas inter-relações estudadas em todas as quatro aulas até então quantificadas. A intenção de mostrar essa fórmula aos estudantes foi a de demonstrar que, embora a determinação da sensação térmica possa ser complexa e subjetiva, existem formas de deixá-la mais objetiva com o uso de calculadoras de sensação térmica. Embora a fórmula tenha sido mostrada aos estudantes, o professor-pesquisador optou por não a utilizar, já que a ideia desta pesquisa é evitar a matematização do assunto.

Na sequência apresentou-se uma problematização por meio de imagens de povos que vivem no deserto. As roupas mostradas eram roupas muito longas que cobrem todo o corpo, com exceção dos olhos e parte dos pés, muitas vezes escuras e em todas as vezes muito largas embaixo. Os estudantes foram questionados sobre o porquê da utilização desse tipo de roupa nessa população, foi explicitado a eles que seria por motivos não necessariamente culturais e/ou religiosos. Foi um momento muito enriquecedor no qual os estudantes mostraram o domínio do uso de vários conceitos apresentados nessa e nas demais aulas. Os estudantes foram capazes de prever a função de evitar a incidência solar direta e da parcial proteção noturna contra o frio devido ao fato de serem longas. No entanto, não chegaram, sozinhos, a uma conclusão acerca da necessidade de serem largas para favorecer, durante o dia, a convecção do ar quente se movimentando pela vestimenta, e sua substituição por ar com menor temperatura. Apesar disso, a discussão foi muito rica, e a utilização dos recursos que adquiriram foi notável.

Foi utilizada uma imagem de uma pessoa que vive em desertos com trajés adequados a este ambiente. Os estudantes foram questionados sobre o motivo das roupas serem tão largas e serem feitas de lã, sendo que este tecido geralmente é utilizado em “roupas de frio”.

A largura dos trajés foi justificada por dois dos estudantes como sendo uma forma de impedir a ação da radiação solar direta na pele das pessoas, e uma estudante e um estudante mencionaram que a largura é necessária para manter uma sensação térmica de mais quente durante a noite em ambientes desérticos, quando a temperatura cai bastante.

A seguinte fala do estudante X resume bem as falas apresentadas:

Eu não tenho certeza mas, além de proteger a pele do Sol, para não queimar e não ter muitos problemas...eu sei que de noite no deserto costuma esfriar muito porque como tem pouca água então o calor vai embora muito rápido aí a roupa junto com a pessoa consegue manter o calor que ele acumulou durante o dia durante toda a noite para não ter diferença de temperatura muito grande.

Essa fala também demonstra a compreensão do conceito de inércia térmica, o entendimento de que ambientes de pouca umidade trocam de calor mais intensamente, e portanto, demonstra uma apropriação pelo estudante dos conceitos previamente discutidos. A fala sobre “manter o calor” não deve ser interpretada como um erro conceitual, ela veio de um contexto na qual o estudante se utiliza do efeito estufa, no qual a radiação térmica fica retida naquele micro ambiente do ar abaixo da vestimenta e o corpo da pessoa, para justificar uma manutenção de uma sensação térmica mais agradável.

Os estudantes foram questionados sobre a diferença entre uma “blusa de frio” feita de lã e este traje de lã utilizado em desertos. Os estudantes não foram capazes de responder a questão, e o professor-pesquisador explicou que os trajes são mais largos do que as “blusas de frio”. Na sequência, os estudantes foram questionados sobre como essa maior largura ajuda na manutenção do conforto térmico da pessoa. Quase estudantes foram capazes de identificar a relação da largura com a convecção do ar. A seguinte fala do estudante Z exemplifica o que foi dito: “Ele(o ar) fica retido em volta da pele porque se pensar a convecção como o ar em volta da pele está quente se tiver um espaço para sair ele irá sair e vai vir um ar frio para perto da gente.”.

No final foi o momento da confecção coletiva de um texto problematizador. Como as intenções da pesquisa foram explicitadas logo no início e reafirmadas ao longo de todas as aulas, os estudantes foram convidados a construir um texto problematizador que seria utilizado futuramente com outros estudantes para instigá-los a pensar sobre as inter-relações entre o corpo humano e o ambiente, seja ele natural, como desertos e outros biomas, ou dentro de moradias e demais prédios. Com essa intencionalidade em mente, o professor-pesquisador optou pela realização dessa confecção coletiva, já que um texto construído em conjunto com estudantes tem um potencial grande ser adequado a utilização com outros estudantes.

O texto construído coletivamente foi o seguinte:

Um turista viajou para o Egito e foi visitar as pirâmides no deserto, um guia turístico instruiu o visitante a utilizar uma roupa de lã num tom azul escuro. O turista se indignou com a sugestão e se recusou inicialmente a usar esse tipo de roupa, decidiu usar uma camiseta de seda clara e chinelos de borracha. O turista teve uma insolação, teve fortes sensações de calor e muita ardência na pele. Após um dia no hospital e de ter se recuperado ele aceitou a sugestão dos guias.

O momento de construção do texto coletivo foi particularmente rico. Os estudantes se empenharam em utilizar os conceitos que sabiam para construir o texto, sem, no entanto, fornecer as explicações para o comportamento inadequado do turista - a sugestão do guia, ao

uso impróprio das vestimentas pelo turista e o motivo dele ter tido problemas. A estudante Y iniciou com duas sugestões, e a primeira foi aceita pelos demais:

Eu abordaria ou a questão do deserto, daquelas vestimentas, porque cabe muitos conceitos ou então eu falaria algum exemplo tipo de uma pessoa de tom de pele mais clara o fato dela estar vermelha já que as veias saltaram para conseguir dar uma sensação melhor.

Em relação ao momento de confecção do texto, o estudante Z relatou: I) “...acho que foi bem legal principalmente fazer esse texto para a gente realmente aplicar o que a gente entende.” e a estudante Y também acrescentou que: II) “Assim como tinha comentado no início eu acho a parte do texto legal porque é uma forma de todo mundo interagir com a matéria e falar conhecimentos que estão pré estabelecidos”

O grau de envolvimento dos estudantes com as propostas da aula manteve-se bastante elevado, particularmente no momento de confecção coletiva do texto, no qual eles precisaram ser ainda mais ativos na aula.

4.5 Aula V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial)

Nesta quinta aula, manteve-se o movimento de, primeiramente fornecer explicações dos conceitos pelo professor-pesquisador, de modo dialógico e crítico, e posterior aumento de espaço para problematização com os estudantes durante a confecção de um segundo texto problematizador coletivo.

Foi mantido nessa aula o fato de se iniciar com um slide montado pelo professor-pesquisador com um resumo dos conceitos apresentados na aula anterior. O slide foi nomeado de “O que já vimos até aqui” e foi atualizado com os conteúdos da Aula IV.

Durante a revisão dos conteúdos da aula passada o estudante Z foi capaz de relacionar o clima de um dos biomas do nosso país com a dificuldade de sudação, a fala foi a seguinte: “Por exemplo na região do pantanal, lá é bem quente e úmido né...então é mais difícil a gente suar [...]”. Também houve a relação percebida entre a umidade do ar e a baixa inércia térmica quando o mesmo estudante menciona que: “No Rio Grande do Sul por exemplo é um clima mais gelado e um ar mais seco não é? Se o ar é seco então o calor é menos retido certo?”. É importante destacar que essas falas foram totalmente espontâneas, aconteceram durante a

discussão do metabolismo humano sem mencionar regiões de nosso país, essas apropriações do conhecimento e aplicação em novos contextos são de grande interesse dessa pesquisa.

Foram perguntados aos alunos qual entendimento tinham do conceito de metabolismo. Alguns demonstraram já ter visto este conteúdo em sua realidade escolar, e outros deram uma ideia mais difusa do assunto, mas todos tinham noção da relação do metabolismo com o funcionamento corporal, como pode ser percebido na fala da estudante Y: “: Basicamente é o que faz nosso corpo funcionar”. O estudante X ainda relacionou o metabolismo com o conceito de calor ao dizer que:

Eu acho que é isso mesmo, nesse contexto de energia térmica eu lembro só da respiração celular, cada célula faz uma coisa mas todas precisam de fazer respiração celular, e ela gera calor. Não sei se tem alguma outra coisa que gera calor no corpo humano além disso.

Ainda na discussão sobre o metabolismo e as perdas de calor da pele o estudante Z acrescentou um fator à discussão, por meio da dúvida: “Uma pele mais seca ou mais oleosa pode causar uma sensação térmica diferente?” e esta questão foi pensada no momento em conjunto com o professor-pesquisador já que este fator não havia sido considerado previamente. Outro momento importante foi a percepção por parte do estudante Z, de modo espontâneo, interdisciplinaridade das relações do corpo humano com o ambiente o que pode ser percebido na fala: “Essa matéria é legal porque mistura conceitos de Química, Física e Biologia.”

Houve também a apresentação de cálculos de calor absorvido em uma elevação de temperatura e numa mudança de fase, para justificar a grande eficiência do suor como mecanismo de diminuição da temperatura da pele. As fórmulas utilizadas foram as mesmas que se aplicam no Ensino Médio na disciplina de Física e foram reconhecidas pelos estudantes, sendo elas a de cálculo de calor absorvido e liberado e a fórmula de cálculo de calor latente. Esses cálculos tiveram apenas valor demonstrativo, não assumindo grande importância na sequência desta ou das demais aulas.

Na sequência, os estudantes tiveram tempo e liberdade para utilizarem uma calculadora online chamada “Calcule o índice de calor e a sensação térmica” disponibilizada em um site do Governo de Santa Catarina¹. Com este uso, os estudantes foram tentando prever os valores de sensação entregues tanto pelo “Índice de Calor” que considera a Temperatura (°C) e a Umidade Relativa (%) quanto o nomeado “Sensação Térmica” que

¹ <https://circam.epagri.sc.gov.br/index.php/indice-de-calor-e-sensacao-termica/>, acesso em fevereiro de 2023

utiliza valores de Temperatura (°C) e Velocidade do Vento (Km/h). Os valores a serem inseridos nas calculadoras podem ser consultados de hora em hora em site especializado em meteorologia.

Houve intenso uso voluntário do conceito de inércia térmica da água por parte dos estudantes na tentativa de previsão da sensação térmica entregue pelas calculadoras, tanto pelo fato de uma calculadora utilizar diretamente a umidade do ar, mas também em explicações que envolviam o extremamente relevante papel dos ventos em potencializar a sudção humana. Também foi lembrado/inferido por um dos estudantes que locais úmidos e quentes a sudção é dificultada. Além disso a necessidade de se recorrer a várias ciências para a compreensão dos resultados da sensação térmica foi percebida pelos estudantes.

Na utilização da calculadora online “Índice de Calor” disponibilizada em um site do Governo de Santa Catarina², a temperatura foi mantida constante em 25° C, que era a temperatura de Belo Horizonte no instante da aula, e houve a variação da umidade relativa do ar. Inicialmente, utilizou-se o valor de 67%, que era o valor de umidade em Belo Horizonte naquele momento, e, por fim, o valor de 8%. Os estudantes foram questionados sobre o porquê de a sensação térmica ter diminuído neste caso, e a resposta que reúne as ideias de todos os estudantes está contida na fala do estudante X: “Eu acho que é porque como geralmente nosso corpo é mais quente do que o ambiente em volta, o ambiente tendo menos inércia térmica a gente troca calor mais fácil né, aí nosso corpo sendo mais quente a gente tem uma sensação de temperatura mais baixa.”.

Na sequência, utilizando a mesma calculadora, a umidade foi alterada para 80% por escolha dos estudantes, e a sensação térmica aumentou neste caso. Respondendo ao motivo dessa mudança, a estudante Y respondeu que: “Basicamente o contrário do que o aluno X falou né, como a água tem uma inércia térmica maior... nosso corpo ela...estaria entupindo entre aspas nossos poros a ponto de que nós não conseguíssemos trocar um calor muito bom com o ambiente e aí acabaria que a sensação estaria mais quente do que realmente está.” A estudante, nesta fala, demonstra entender a maneira como uma umidade alta dificulta a sudção humana e também utiliza o conceito de inércia térmica.

Na utilização da calculadora “Sensação Térmica”, foi utilizado uma temperatura de 25°C com uma velocidade do vento de 21 km/h, considerada pela Escala de Beaufort³, que classifica os ventos como uma brisa moderada. Esses valores eram os valores reais para a cidade de Belo Horizonte no dia da aula, encontrados em site especializado em meteorologia.

² <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/indice-de-calor-e-sensacao-termica/>, acesso em fevereiro de 2023

³ <https://www3.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/escala-de-beaufort/>, acesso em fevereiro de 2023

O vento gerou uma sensação térmica de 23° C, e os estudantes foram questionados se eles esperavam isso. Todos disseram que sim devido ao papel do vento estudado anteriormente, mas uma estudante fez o seguinte apontamento: “Na verdade eu fiquei um pouquinho indecisa quanto a isso, tipo era o esperado, geralmente o vento ele vem para amenizar a temperatura, mas eu não esperava que mudaria 2°C, a umidade por exemplo teve uma diferença muito grande para mudar 2°C”. Essa percepção vem do fato de que para esta mesma temperatura, a sensação térmica só mudou muito quando foram colocados valores mais extremos, próximos ao 0% e ao 100%, enquanto que uma velocidade comum de 21 km/h gerou uma mudança rápida e isso evidencia o grande papel da ventilação na determinação da sensação térmica de um ambiente.

Por fim, foram apresentados aos estudantes alguns arranjos de construção de casa nos quais os conceitos físicos discutidos com os estudantes em todas aulas eram necessários. Tais arranjos estão disponíveis no site do Ministério de Minas, na área do Projetando Edificações Energeticamente Eficientes – Projeteee⁴. Neste site, há uma série de arranjos residenciais que privilegiam algumas características das habitações sempre buscando um conforto térmico. Esse momento da aula foi utilizado para servir de exemplo para a sequência da aula, na qual os estudantes construiriam um texto coletivo. Focamos, em particular, no arranjo nomeado “Envelope de Alta inércia térmica”, e os estudantes demonstraram um bom domínio conceitual na utilização de características estruturais (espessura da parede por exemplo) e dos materiais para permitir o entendimento do arranjo de casa com alta inércia.

Novamente foi utilizada nessa aula a construção coletiva de um texto problematizador. A construção de textos coletivos é muito rica, pois os estudantes mostram em tempo real seus pensamentos e estratégias de construção da narrativa do texto. Foi clara a preocupação dos estudantes em abordarem questões de vestimenta da pessoa, localização de portas e janelas, condições ambientais e características estruturais da casa e materiais utilizados. Algumas falas durante confecção do texto foram: “Ramon, não só de pegar fogo mas madeira não é um bom material para uma casa. O avô de uma amiga minha tem uma casa de madeira. De noite faz muito frio, tipo independente de estar quente ou frio lá dentro faz muito frio” feita pela estudante Y ou também a seguinte fala: “Pode colocar um material aí nas paredes de fora...já que a casa deve ventilar bastante pode deixar um material com baixa inércia porque a casa poderia estar quente.” dita pelo estudante X.

⁴ <http://www.mme.gov.br/projeteec/implementacao/envelope-de-alta-inercia-termica/>, acesso em fevereiro de 2023

Houve inclusive uma brincadeira ao citar “filme de cachorro” que decorreu da conversa sobre a influência na sensação térmica que o humor da pessoa ao ver um tipo ou outro de programação traria. O texto coletivo construído foi o seguinte:

Uma pessoa está sentada assistindo a um filme de cachorro na televisão, está vestindo um short curto e uma camiseta cavada. A sala tem uma porta que dá para o quintal, a porta está aberta e no quintal está ventando uma brisa leve. A janela da sala está aberta permitindo a entrada de bastante luz solar, as paredes finas são de concreto e decoradas do lado de fora com uma camada fina de pedras e um chão de granito. O dia está relativamente úmido.

Demonstrou-se novamente a preocupação de enunciar os fatores importantes, sem, no entanto, fornecer diretamente a provável sensação térmica do ambiente, visto que o texto deveria ser utilizado com outros estudantes para problematizar as inter-relações entre o corpo humano e o ambiente da casa.

Os estudantes tiveram, nessa aula, a habitual participação e interação durante as reflexões e discussões. Eles particularmente gostaram muito de simular qual seria a sensação térmica entregue pela calculadora online, com base em valores de temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, para os quais pesquisaram diversas cidades no Brasil e no Mundo. Demoraram mais tempo do que o professor-pesquisador esperava, no entanto não foram interrompidos, pois a atividade mostrou-se prazerosa para os estudantes.

Ao avaliarem esta aula os alunos emitiram as seguintes opiniões:

- I. “Como teve menos conteúdo acabou que a gente ficou mais tempo só...agora que a gente já entendeu os conceitos e tudo mais como funciona a gente ficou só testando mesmo...principalmente naquela hora com a calculadora que pegava diferentes temperaturas e testava com diferentes coisas...a gente ficou um tempo numa coisa só mas mesmo assim de um jeito mais difuso e não concentrado em pegar um só conteúdo assim.” – relatou o estudante X;
- II. Ô Ramon, te falar as primeiras aulas eu achei um pouco mais difícil né e essas últimas que a gente teve que a gente falava muito sobre fisiologia e misturava as três principais matérias de ciências que é Biologia, Física e Química e trazer os materiais tipo a calculadora e a escala de vento tal...eu gosto muito mais que só a matéria sabe. – disse o estudante Z.

4.6 Aula VI – Construindo, Avaliando e Usando o *Check List* de Sensação Térmica

A sexta e última aula foi iniciada com a apresentação da ferramenta CBE *Thermal Comfort Tool*⁵, uma ferramenta da Universidade de Berkeley baseada na norma técnica ASHRAE-55, que indica faixas consideradas de conforto térmico quando uma pessoa está submetida a certas condições de temperatura, velocidade do vento, umidade relativa, taxa metabólica e tipo de vestimenta utilizada. Os motivos de mostrar essa ferramenta foram: I) Reiterar que existem modos mais objetivos de se determinar a Sensação Térmica, visto que os estudantes demonstraram essa dúvida na terceira aula, II) Fornecer parâmetros de comparação para que os estudantes pensassem sobre o *check list* que iríamos construir coletivamente nesta aula.

Baseado em todas as aulas precedentes, o professor-pesquisador enunciou em um slide nomeado “Construção do *Check-List* de sensação térmica”, que está contido no Apêndice C, quinze fatores considerados relevantes nesta determinação, estes fatores deveriam ser classificados pelos estudantes como um fator principal ou um fator de correção. Os quinze fatores foram determinados pelo comum acordo entre os estudantes e o professor-pesquisador. A terminologia de fator de correção não foi bem compreendida pelos estudantes, a estudante Y concebeu esse termo como fatores que são possíveis de serem controlados pelas pessoas: “Esses de correção que você colocou é tipo...é de correção porque eu tenho capacidade de modificar de acordo com a sensação térmica, é isso?”. Com isso, o professor-pesquisador modificou em conjunto com os estudantes essa terminologia, deste modo no lugar de usar a classificação de fator de correção foi utilizada a classificação de fator secundário. Os estudantes também sentiram a necessidade da criação do termo Secundário (depende), para eles faltou a existência de uma categoria intermediária entre Principal e Secundária. Os quinze fatores foram então classificados pelos estudantes. Na tabela abaixo, está a decisão tomada em conjunto para cada um deles.

⁵ <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>, acesso em fevereiro de 2023.

Quadro 2 — Fatores relevantes para a Sensação Térmica.

Fator	Classificação
Radiação Solar	Principal
Umidade	Principal
Metabolismo/Atividade Física	Principal
Vestimenta (Roupas)	Principal
Ventilação Natural	Principal
Ventilador	Secundário (Depende)
Iluminação Artificial	Secundário
Rios, Lagos, Córregos e Piscina	Secundário (Depende)
Presença de Árvores	Secundário (Depende)
Vegetação no Solo	Secundário
Cores das Paredes Externas	Secundário (Depende)
Cores das Paredes Internas	Secundário
Presença de Móveis e Seres Vivos	Secundário (Depende)
Espessura das Paredes	Secundário
Condutividade Térmica e Inércia Térmica de paredes, teto e chão	Secundário

Fonte: Elaboração própria.

A determinação coletiva sobre a classificação de alguns dos fatores não proporcionou discussão ou falas relevantes para esta pesquisa, portanto não faremos uma descrição de cada um deles. Desse modo, os que não forem aqui mencionados é porque foram rapidamente definidos, como consta no quadro acima.

Inicialmente, o fator metabolismo foi classificado como secundário por uma das estudantes. Porém, após as falas dos estudantes Z e X respectivamente: “Eu acho que é principal, no geral quando a gente está mais parado sem fazer nada em casa não muda muito, mas quando a gente faz uma atividade conta muito” e “Ah, principal se eu tiver numa corrida, deitado....se eu tiver na mesma temperatura vou sentir bem mais calor na corrida então principal.” a estudante Y repensou seu posicionamento e houve consenso.

A discussão sobre a importância da presença de um ventilador foi a que motivou a criação da categoria “Secundário (depende)”. Os estudantes não conseguiram entrar em consenso de modo geral para este fator. A estudante Y classificou como secundário ao dizer que: “: O ventilador depende muito de como está o tempo, se estiver quente o vento também vai ser quente. Acho que secundário.”. Porém, um dos estudantes discordou, dizendo que: “Não sei, porque faz diferença no calor, se ligar o ventilador muda muito pois se tiver desconfortável vai ficar confortável principalmente se estiver direto em você.” e desta forma, ficou decidida a criação desta categoria. Optou-se por avaliar o aparelho ventilador ao invés da ventilação artificial no geral. O aparelho de ar-condicionado não está presente na maioria dos lares e, nesta pesquisa, queremos a criação de um *check list* que se adeque a realidade da maioria dos estudantes.

A presença de corpos d'água (rios, lagos, córregos e piscina) foi classificada por todos estudantes na categoria Secundário (depende), embora eles tenham cogitado classificá-lo como Secundário como atestam as falas dos estudantes Y e X respectivamente “Não sei se seria principal pela interferência na umidade ou se seria secundário por interferir mais só quando estamos em uma certa proximidade” e também “Acho que vou no secundário, mas se bem que tá relacionado com umidade...quando você fala umidade de um lugar já está incluso o corpo de água perto.”. A discussão perdurou mais um tempo, e concluíram que a utilizar a classificação mencionada seria melhor.

Em relação a presença de árvores, dois dos estudantes interpretaram que seria um fator secundário, devido ao fato de considerarem a sua transpiração como um fator secundário na determinação da umidade do ar. Porém, o estudante Z menciona que “É tipo o ventilador porque tipo se tiver embaixo da árvore é bastante principal porque ela tampa a radiação solar só que não estiver embaixo nem tanto.”. Com isso, todos entraram em consenso em classificarem esse fator como Secundário (Depende).

O fator da presença de móveis e seres vivos em um ambiente inicialmente estava sendo classificada como secundária, mas a fala do estudante X: “É aquele negócio né se tiver lotado de gente na sala vai esquentar bastante” fez com que esse fator fosse reclassificado.

Na determinação da importância dos quinze fatores houve muitos debates e conversas para se entrar em consenso. A determinação foi totalmente espontânea, com o professor-pesquisador apenas fazendo comentários pontuais e sem estímulo a se pensar de um modo específico. Nessa etapa, os estudantes demonstraram grande apropriação dos conceitos trabalhados nas cinco aulas anteriores, inclusive criando a categoria pertinente do “Secundário (Depende)”, na qual pontuaram condições que, embora bem específicas, acontecem com frequência, como o ventilador ser principal se você estiver bem próximo a ele e com travamento na sua direção. Em relação a essa maneira de descodificar, bem mais madura, qualificada e crítica que na primeira aula, nos ajuda Freire (1987, p.70): “Promovendo a percepção da percepção anterior e o conhecimento do conhecimento anterior, a descodificação, desta forma, promove o surgimento de nova percepção e o desenvolvimento de novo conhecimento.”.

Em quase todos casos a determinação do fator ser principal, secundário(depender) ou secundário por parte dos estudantes foi bem próximo ao o quê o conhecimento científico indica, com exceção do papel da vestimenta no qual dois em três estudantes que participaram dessa aula tiveram a interpretação de que “ se eu posso escolher a roupa que uso, a roupa é secundária” e neste único momento o professor-pesquisador teve de intervir para explicar e

verificar se os estudantes tinham compreendido que o fato de precisar escolher já demonstrava que a roupa era um fator principal.

Na sequência, foi apresentado aos estudantes uma simulação de valores utilizando as calculadoras “Índice de calor” e “Sensação Térmica”, que foram apresentadas aos estudantes na aula anterior. A ideia de realizar essa simulação mais aprofundada veio da observação do grande tempo usado pelos estudantes no uso da calculadora na aula anterior

Nesta simulação, os resultados foram apresentados em um *slide* nomeado “Estudos de Umidade usando o Heat Index” e “Estudos de ventilação usando o Wind Chill” que estará no Apêndice D, sendo que estes são os nomes em inglês do Índice de Calor e o de Sensação Térmica (que usa em seus cálculos a velocidade do vento). Nele, foi demonstrado aos estudantes como os casos extremos de umidade (0% e 100%), valor médio (50%) e o valor da umidade do dia do estudo (70%) geravam sensações térmicas diferentes, dependendo da temperatura ou faixa de temperaturas estudadas.

O mesmo foi feito com a velocidade do vento, sendo os valores utilizados os de 6,9 km/h, 8,9 km/h, 11,2 km/h e 14 km/h. Esses valores não foram arbitrários e basearam-se em valores de médias específicas para a cidade de Belo Horizonte disponíveis em sites de meteorologia e também na Escala de Beaufort, que categoriza os ventos de acordo com suas velocidade. No produto dessa dissertação estará os resultados da simulação em formato detalhado.

A intenção de mostrar os resultados dessa simulação de valores foi o de oferecer parâmetros mais concretos, e amparados em dados reais para que os estudantes atribuíssem na próxima etapa desta aula valores a cada um dos quinze fatores. E também porque eles demonstraram curiosidade em entender estes comportamentos. Utilizando a calculadora de “Índice de Calor” por exemplo, a simulação informa que com uma temperatura do ar de 26°C e umidade de 70% a sensação térmica, será de 27°C, enquanto que para a mesma temperatura e umidade de 50%, a sensação térmica será de 26°C.

Já a utilização da calculadora “Sensação Térmica” indica que, para uma mesma temperatura de 26°C, os ventos com velocidade de 6,9 km/h não modificam sensivelmente a sensação térmica da pessoa, que sentirá uma sensação de 26° C, enquanto que ventos com velocidades entre 8,9 km/h e 14 km/h causam uma sensação térmica de 25° C. Foi conversado com os estudantes que em cada caso seria relevante a utilização de uma calculadora ou outra, que havia muitas formas diferentes de calcular a sensação térmica e que nenhuma delas fornece um resultado com grande precisão.

Posteriormente, após classificar os quinze fatores como principais, secundários (depende) ou secundários, foi a vez de discutir com os estudantes a criação de categorias dentro de cada um dos quinze fatores. O professor-pesquisador combinou com os estudantes que deveríamos categorizar partindo da premissa de que os futuros utilizadores do *check list* não teriam necessariamente a oportunidade pesquisar de forma exata alguns fatores, como por exemplo a velocidade do vento e, portanto sendo necessário formas de contornar essa falta de dados numéricos com expressões como “Árvores inclinando-se com o vento” ou “Galhos e Folhas Agitados”, que indicam diferentes velocidades do vento no momento. Todas as expressões utilizadas tentam expressar percepções sensoriais das pessoas, sejam elas visuais ou de tato.

No quadro abaixo constam todas as categorias criadas pelos estudantes em conjunto com o professor-pesquisador, cada um dos fatores apresenta uma ou mais categorias:

Quadro 3 — Categorias relevantes para a Sensação Térmica.

(continua)

Fator	Categoria	Classificação
Radiação Solar	Muito Ensolarado	Principal
	Ensolarado	
	Pouco ensolarado	
	Sombra	
	Nenhuma insolação (Noite)	
Umidade	Muito abafado	Principal
	Abafado	
	Sem reação	
	Garganta/Nariz ressecado	
	Garganta/Nariz muito ressecados	
Atividades Físicas	Intensas (Correr, subir escadas, esportes)	Principal
	Moderadas (Caminhar, limpar a casa)	
	Leves (Fazer compras, parado em pé)	
	Sem movimento(sentar, assistir televisão)	
Roupa	Curta(Regata, <i>shorts</i> , saia, camiseta)	Principal
	Média(Bermuda, vestido, manga curta)	
	Longa(calça, vestido longo, blusa de frio)	
	Grossa (Lã, moletom)	
	Moderadamente fina (algodão, poliéster)	
	Finas	
	Escuras	

Fator	Categoria	Classificação
	Claras	
Ventos	Fortes (árvores inteiras se inclinando)	Principal
	Médios (galhos e folhas agitadas)	
Ventos	Fracos (folhas levemente agitadas)	Principal
	Ausência de ventos	
Ventilador	Potente	Secundário(Depende)
	Convencionais/ Populares	
	Pequenos/ De mesa	
Lâmpadas	Incandescentes	Secundário
	Fluorescentes ou Led.	
Corpos d'água	Grandes (Lagos, Rios e Oceanos)	Secundário(Depende)
	Pequenos (Córregos, poços e piscinas)	
	Nenhum	
Árvores	Muitas (Bosque, mata, floresta, pomar)	Secundário(Depende)
	Poucas (Jardins, arbustos)	
	Nenhuma	
Cobertura vegetal do solo	Muita (totalmente, quase totalmente)	Secundário
	Pouca (parcialmente ou nenhuma)	
Cores das paredes externas	Pretas	Secundário(Depende)
	Escuras	
	Claras ou brancas	
Cores das paredes internas	Pretas	Secundário
	Escuras, claras ou brancas	
Presença de móveis e seres vivos	Ambiente aglomerado	Secundário(Depende)
	Ambiente não aglomerado	
Espessura das paredes	Grossas	Secundário
	Normais	
Condutividade térmica e inércia térmica das paredes, teto e chão	Bons condutores (concreto, pedras, blocos de terra, tijolos de concreto)	Secundário
	Maus condutores (cimento, cerâmicas, madeira, papelão, tijolo maciço)	

Fonte: Elaboração própria.

Essa etapa foi particularmente interessante, pois assim como no momento da construção coletiva dos textos problematizadores, coloca o estudante na posição do professor e, com isso, é perceptível o cuidado que os estudantes tiveram em deixar compreensível os materiais produzidos para outros estudantes, indicando assim que aderiram à proposta feita pelo professor-pesquisador. Cada uma das cinquenta categorias criadas foram o resultado de

bastante discussão, reflexão, aprimoramento e empenho dos estudantes que se mostraram muito ativos na construção do *check list*. Por exemplo, durante uma das discussões, a estudante Y propôs um aprimoramento: “O problema da categoria de roupa é que tanto o tamanho interfere quanto o material né, se eu tiver de calça ela pode ser de lã ou de jeans e aí a de lã deixaria muito mais quente.”, já que inicialmente só o tamanho das roupas constava como categoria. Nos fatores considerados principais, houve a criação de mais categorias, de modo a refinar o resultado da sensação térmica que o *check list* irá indicar.

Após essa etapa das categorizações, veio a etapa de atribuir valores numéricos a cada uma das categorias dentro dos quinze fatores. Os valores numéricos atribuídos pelos estudantes para os fatores principais foram maiores, para fatores considerados secundários (depende) foram intermediários e para fatores considerados secundários foram menores, inclusive o valor de zero foi possível em algumas situações. Sendo que os fatores que contribuíssem para um aumento na sensação térmica eram somados o devido valor atribuído, enquanto que os que contribuíssem para uma diminuição eram subtraídos. Para ajudar na determinação dos valores, foram utilizados materiais como o Normais Climatológicas do Brasil ⁶ e dados da velocidade do vento para Belo Horizonte⁷, que utiliza modelos matemáticos para simular os valores citados e que é utilizado em estudos da área.

No *check-list*, foi incluída uma equação simples baseada em somas e subtrações ao valor de 22°C. Esse valor foi obtido por meio do material “Histórico da Previsão do Tempo para BH –MG - Temperaturas Médias Aeroporto Carlos Prates (SBPR) e Temperaturas Médias Aeroporto Pampulha (SBBH)” e, com base neste material utilizando os valores de média, médias máximas e mínimas máximas de temperatura em Belo Horizonte (cidade dos estudantes) para o ano de 2022. A equação utilizada foi a seguinte:

Sensação Térmica (°C) = 22 + Radiação Solar + Umidade + Atividades Físicas + Roupa + Ventos + Ventilador + Lâmpadas ± Corpos D’agua+ Árvores + Cobertura Vegetal do Solo + Cores das Paredes Externas + Cores das Paredes Internas + Presença de Móveis e Seres Vivos ± Espessura das paredes ± Condutividade e Inércia Térmica

O valor de 22°C representa uma média de temperatura para a cidade de Belo Horizonte no ano de 2022, conforme explicado. Os fatores corpos d’água, espessura das paredes,

⁶ Período 1981-2010 - Umidade Relativa do Ar Média Horária Mensal e Anual - Belo Horizonte - <https://portal.inmet.gov.br/normais> - acesso em fevereiro de 2023.

⁷ Dados históricos simulados de clima e tempo para Belo Horizonte - Velocidade do Vento - https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/belo-horizonte_brasil_3470127 - acesso em fevereiro de 2023.

condutividade e inércia térmica são acompanhados do sinal de + ou – pois podem assumir valores positivos ou negativos dependendo da situação.

Durante o dia, os corpos d’água tendem a diminuir a sensação térmica ambiente e, portanto, neste caso terá valor negativo, enquanto que durante a noite, devido à alta inércia, a água pode ainda estar aquecida e proporcionar um aquecimento ao ambiente. Paredes muito espessas dificultam o fluxo de calor e, portanto, pode manter o ambiente aquecido ou resfriado por mais tempo. Portanto, o valor negativo será adotado se o lado de fora estiver mais quente, pois a parede dificultará a transmissão do calor externo, e se o contrário for verdade, então assumirá um valor positivo. Raciocínios análogos justificam o sinal de mais ou menos para o fator condutividade e inércia térmica.

Os valores estabelecidos foram arbitrários, e para categorias de fatores principais foram atribuídos valores mais altos do que categorias de fatores secundários ou secundários (depende). A forma como os estudantes atribuíram valores a cada uma das categorias consta no quadro 4 abaixo:

Quadro 4 — Valores atribuídos às categorias.

(continua)

Fator	Categoria	Valor atribuído
Radiação Solar	Muito Ensolarado	6
	Ensolarado	4
	Pouco ensolarado	2
	Sombra	0
	Nenhuma insolação (Noite)	-1,5
Umidade	Muito abafado	4
	Abafado	2
	Sem reação	0
	Garganta/Nariz ressecado	-1,5
	Garganta/Nariz muito ressecados	-2,5
Atividades Físicas	Intensas (Correr, subir escadas, esportes)	4
	Moderadas (Caminhar, limpar a casa)	2,5
	Leves (Fazer compras, parado em pé)	1,5
	Sem movimento(sentar, assistir televisão)	0,5
Roupa	Curta(Regata, <i>shorts</i> , saia, camiseta)	0
	Média(Bermuda, vestido, manga curta)	1,5
	Longa(calça, vestido longo, blusa de frio)	2,5
	Grossa (Lã, moletom)	1,5
	Moderadamente fina (algodão, poliéster)	1

Fator	Categoria	Valor atribuído
	Finas	0,5
	Escuras	1,5
	Claras	0
Ventilador	Potente	-1,5
	Convencionais/ Populares	-1
	Pequenos/ De mesa	-0,5
Lâmpadas	Incandescentes	0,5
	Fluorescentes ou Led.	0
Corpos d'água	Grandes (Lagos, Rios e Oceanos)	1,5
	Pequenos (Córregos, poços e piscinas)	0,5
	Nenhum	0
Árvores	Muitas (Bosque, mata, floresta, pomar)	-1,5
	Poucas (Jardins, arbustos)	-0,5
	Nenhuma	0
Cobertura vegetal do solo	Muita (totalmente, quase totalmente)	-0,5
	Pouca (parcialmente ou nenhuma)	0
Cores das paredes externas	Pretas	1
	Escuras	0,5
	Claras ou brancas	0
Cores das paredes internas	Pretas	0,5
	Escuras, claras ou brancas	0
Ventos	Fortes (árvores inteiras se inclinando)	-4
	Médios (galhos e folhas agitados)	-2
	Fracos (folhas levemente agitadas)	-1
	Ausência de ventos	0
Presença de móveis e seres vivos	Ambiente aglomerado	1,5
	Ambiente não aglomerado	0
Espessura das paredes	Grossas	1
	Normais	0,5
Condutividade térmica e inércia térmica das paredes, teto e chão	Bons condutores (concreto, pedras, blocos de terra, tijolos de concreto)	2
	Maus condutores (cimento, cerâmicas, madeira, papelão, tijolo maciço)	1

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, para aferir a qualidade da fórmula construída via check-list, o próprio professor- pesquisador e os estudantes a utilizaram em dois dias consecutivos, os valores de sensação térmica e o relato dos participantes foi o seguinte: I) Levemente Frio: 27°C e 25,5°C,

II) Neutro: 27°C, 25°C e 28°C, III) Levemente Quente: 29,5°C. Os valores obtidos dão uma ideia geral inconclusiva das sensações térmicas, mas que tem potencial de estimular estudos e melhorias no grande tema que é a sensação térmica. Ser uma ferramenta que ainda necessita de aprimoramento não é um problema, esse processo pode ser feito posteriormente com mais estudantes e o processo de criação é para esta pesquisa mais importante que os resultados de sensação térmica que o *check list* entrega.

Em relação ao fato dos valores do *check list* serem inconclusivos, os estudantes emitiram as seguintes opiniões:

- I. “Não dá para acertar sempre, no caso desses valores seria se existisse algo...é difícil por algo tão preciso em algo que depende da opinião das pessoas. O que para mim pode ser quente não necessariamente para você seria quente também. Dá para ter valores mais precisos só que dificultaria muito as pessoas entenderem como aprimorar a conta.” – estudante Y;
- II. “Acho que ficou bem...eu achei legal dela porque ficou bem simples...fórmula geralmente tem no mínimo uma multiplicação assim que já deixa os valores mais complexos de fazer, acho que sendo só soma e subtração fica muito mais fácil assim para qualquer pessoa fazer a conta. Só acho que realmente a gente foi chutando põe um, põe dois....não sei quanto realmente importa. Melhorar dá para melhorar muito mas essa seria a base né, seria mudar só os valores mesmo.” – estudante X;
- III. “Acho que se melhorar a precisão acho que sim, mas é meio difícil...acho que é bem difícil a gente calcular algo exato em cima de uma sensação. E se for numa sala cheia, de vinte ou vinte e cinco alunos acho que é bem mais fácil de fazer esse cálculo e cinco dias diferentes o cálculo deve ser melhor.” – estudante Z.

Além da fala deste último estudante, os outros dois também atentaram ao fato de que se essa fórmula do *check list* for utilizada mais vezes, talvez demonstre que ela tem um bom grau de confiabilidade, evidenciando assim uma boa noção de repetibilidade na confiabilidade do instrumento construído coletivamente.

Essa última aula foi a mais longa de todas, tendo uma duração próxima de 3h, apesar da longa duração, os estudantes não demonstraram cansaço ou queda na participação. Até porque, nesta aula, eles assumiram um papel totalmente ativo na construção do instrumento, aprimoramento e avaliação. Em relação a duração das aulas os estudantes relataram:

- I. “Hoje foi mais um apanhado de tudo então é...não foi algo...não foi 3h de conteúdo e mais uma revisão e depois ficamos montando o esquema.” – estudante X;
- II. “Acho que antes a gente tava vendo muito mais as coisas assim...você perguntava e a gente respondia pegando as ideias assim....depois umas aulas mais expositivas e agora foi mais aplicar mesmo né. Juntando o que você tinha feito, pesquisas em vários lugares aí fomos discutindo e aplicando. Acho que foi interessante porque principalmente essa parte da gente ficar bem mais discutindo do que a gente concorda, discorda, dá mais ou menos certo...que mesmo sendo uma aula que durou bem mais foi bem mais fácil do que se fosse só conteúdo por exemplo.” – estudante Z;
- III. “Foi beem diferente, ele passou ao mais prático. Realmente do que é a sensação, os outros a gente falava mas era mais técnico....era bem mais conceito de Física . Esse ainda tem alguns, mas....” – estudante Y.

A participação dos estudantes nas construções coletivas é vital nessa pesquisa, visto que ela busca melhorar a participação e envolvimento dos estudantes no ensino de Física. A participação dos estudantes em todas etapas pode ser pensada com a reflexão que Freire (1987, p. 71) nos traz:

Do ponto de vista metodológico, a investigação que, desde o seu início, se baseia na relação simpática de que falamos, tem mais esta dimensão fundamental para a sua segurança – a presença crítica de representantes do povo desde seu começo até sua fase final, a da análise da temática encontrada, que se prolonga na organização do conteúdo programático da ação educativa, como ação cultural libertadora.

5 ANÁLISE DA TRAJETÓRIA DOS ESTUDANTES

Neste tópico, será analisada como se deu a participação dos estudantes ao longo da sequência de aulas. A análise será feita por meio de três categorias: A) Utilização da experiência sensorial pelo estudante, na qual os estudantes realizam suas interações com os objetos de estudo por meio de suas experiências sensoriais e sem preocupações com a utilização de termos científicos, B) Utilização de termos científicos, na qual os estudantes utilizam os termos científicos para realizarem suas interações com os objetos de estudo e C) Engajamento, no qual toda interação com a sequência de aulas é considerada (seja utilizando experiência sensorial, termos científicos ou outras interações relacionadas aos conteúdos abordados). Os estudantes analisados aqui são os nomeados X, Y e Z no capítulo anterior, pois somente eles participaram integralmente da sequência de aulas.

Nas categorias A) e B), foram considerados somente participações dos estudantes relacionadas ao conteúdo de Física, enquanto que no indicador C) também são consideradas interações relacionadas a outras disciplinas como Química, Biologia, Geografia e outras. Essa opção se deu para que o professor-pesquisador percebesse a influência das aulas da sequência no vocabulário dos estudantes, sem no entanto descartar as ligações que os mesmos fizeram com suas experiências anteriores com conteúdos de outras disciplinas. Frases curtas como: sim, não, talvez ou similares não foram consideradas nesta análise. A categoria A) Utilização da experiência sensorial pelo estudante constará em tabelas apenas como “experiência sensorial”, a categoria B) Utilização de termos científicos constará em tabelas como “termos científicos” e por fim a categoria C) Engajamento constará em tabelas apenas como “Falas totais”.

5.1 A trajetória do estudante Z: melhorando a relação com a disciplina de Física

O estudante Z durante a Aula 1 - Conversando sobre o questionário, mencionou não ter uma relação muito boa com a disciplina de Física e ter dificuldades, principalmente matemáticas. Relatou que a disciplina se tornou meio chata e maçante no Ensino Médio, em relação ao contato que teve com a Física no Ensino Fundamental, quando teve aulas de ciências com experimentação focada em temas da Física.

Embora em outro relato dê a entender que o problema seria também com que a disciplina está sendo ensinada. Após o professor-pesquisador questionar se uma das aulas

tinha sido boa, o estudante deu um longo relato durante a primeira aula, e aqui está destacado um dos trechos:

[...]... por exemplo eu tive minha primeira aula de Física semana retrasada no Ensino Médio né...eu simplesmente não gostei porque o jeito que o professor fez...ele fica assim...ele vai explicar e fica de cabeça baixa e não olha para a sala... aí ele só escreve no quadro e fala assim: é isso aqui e depois você pode ler e reler no caderno e é isso...aí vai passar atividade. E para mim que tenho muita dificuldade de falar quanto de fazer atividades... exatas...química, física, matemática...e sem ajuda nenhuma e sendo o primeiro ano que você tá aprendendo essa matéria é muito difícil. Aí como você tá fazendo...por exemplo eu falei que foi difícil de entender algumas coisas do texto...aí você pegou comigo e fez as perguntas e aí mais ou menos dissolveu o texto para eu entender. Eu gosto muito desse estilo porque para a pessoa que entendeu, para a pessoa que não entendeu...fica bem mais claro.

Portanto, este estudante chegou nesta pesquisa com sentimentos não muito positivos em relação à disciplina de Física

No quadro abaixo, consta o quantitativo de falas do estudante Z, e também a respectiva porcentagem do total de falas dentro das categorias consideradas. No quadro estão consideradas somente falas das categorias A) e B), que representam as falas relacionadas ao conteúdo de Física.

Quadro 5 — Quantitativo e percentual de falas do estudante Z.

Aula	Total de Falas (Categorias A e B)	Experiência sensorial	Porcentagem	Termos científicos	Porcentagem
1	2	2	100%	0	0%
2	16	10	62,5%	6	37,5%
3	10	5	50%	5	50%
4	5	2	40%	3	60%
5	11	4	36,4%	7	63,6%
6	8	3	37,5%	5	62,5%

Fonte: Elaboração própria

Ao longo das aulas, foi clara a mudança do teor das falas do estudante Z. As falas utilizando a experiência sensorial do aluno iniciaram-se como 100% do total na primeira aula, e foram se reduzindo a 62,5%, 50%, 40%, 36,4% e voltou a ter um pequeno crescimento na sexta aula quando representou o total de 37,5%. Conseqüentemente as falas utilizando os termos científicos, que iniciaram-se como 0% foram aumentando para 37,5%, 50%, 60%, 63,6% e na última aula houve uma pequena redução para 62,5% do total de falas. Portanto, houve com este estudante uma transição da predominância de falas nas quais ele se valia de

suas experiências sensoriais para poder interagir com o conteúdo das aulas, com os textos problematizadores, com as perguntas realizadas pelo professor-pesquisador para falas nas quais a utilização de termos e conceitos científicos foram a principal ferramenta de interação com as aulas.

O quadro abaixo indica o número de falas deste estudante por aula, as falas utilizadas foram somente as relacionadas aos conteúdos de Física mas também de outras disciplinas correlatas.

Quadro 6 — Falas Totais do estudante Z, por aula.

Aula	Falas Totais
Aula I -Conversando sobre o questionário	4
Aula II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)	21
Aula III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial)	11
Aula IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação).	12
Aula V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial)	14
Aula VI – Construindo, Avaliando e Usando o Check List de Sensação Térmica	16

Fonte: Elaboração própria.

O estudante realizou no total setenta e oito interações ao longo das seis aulas, sem considerar interações muito curtas como respostas e dúvidas muito breves. Houve portanto ao longo das seis aulas bastante interação por parte do estudante Z, se considerarmos que este era um estudante que tinha uma relação tensa e com sentimentos mais negativos em relação à disciplina esse total de interações é ainda mais expressivo. Em uma das falas finais, não contabilizadas nos quadros anteriores, o estudante demonstra satisfação com sua participação nesta pesquisa e que teve, ao menos durante a pesquisa, uma melhora em sua relação com a disciplina de Física. O relato do estudante que evidencia isso é o seguinte: “[...]Gostei bastante tanto do processo, achei bem legal o processo de aprendizagem, as aulas...tirou também um pouco da preguiça.”

Para estudantes com este perfil, o modo de ensinar empregado nesta pesquisa tem o potencial de proporcionar situações em sala de aula que sejam mais interessantes e atrativas para estudantes que ficam entediados com o procedimento muitas vezes padrão, que consiste em apresentar as fórmulas matemáticas do conteúdo e partir para a realizar das operações

matemáticas para a resolução de um problema. Os textos problematizadores proporcionam a estudantes com este perfil a oportunidade de utilizar suas experiências sensoriais no diálogo com os conceitos científicos.

O estudante Z, mesmo com o aumento progressivo do uso de termos científicos, foi o estudante que mais se utilizou de sua vivência sensorial para interagir com essa sequência de aulas.

5.2 A trajetória da estudante Y: o interesse pelos conceitos científicos

A estudante Y, durante a Aula 1 - Conversando sobre o questionário relatou entender a matéria durante a disciplina de Física, entender a resolução de exercícios, e ter dificuldades quando as realiza sozinhas. Também relata dificuldades de lembrar fórmulas matemáticas e sentir falta de experimentação. Esta estudante iniciou a pesquisa com sentimentos neutros/positivos em relação à disciplina de Física.

No quadro 7 consta o quantitativo de falas do estudante Y e também a respectiva porcentagem do total de falas, dentro das categorias consideradas. Abaixo somente está considerada falas das categorias A) e B) que representam as falas relacionadas ao conteúdo de Física.

Quadro 7 — Quantitativo e percentual de falas do estudante Y.

Aula	Total de Falas (Categorias A e B)	Experiência sensorial	Porcentagem	Termos científicos	Porcentagem
1	3	1	33,3%	2	66,7%
2	13	2	15,4%	11	84,6%
3	13	5	38,5%	8	61,5%
4	10	3	30%	7	70%
5	11	2	18,2%	9	81,2%
6	9	3	33,3%	6	66,7%

Fonte: Elaboração própria.

Analisando a trajetória da estudante Y, podemos perceber que ela já inicia a sequência de aulas utilizando mais termos científicos que sua experiência sensorial, esse padrão manteve-se ao longo das seis aulas. Se desconsiderarmos a primeira aula, já que nesta aula o foco foi nas experiências que os estudantes traziam previamente sobre as variáveis do

questionário, então podemos perceber que a utilização dos termos científicos variou entre 61,5% e 84,6% das aulas.

Destaca-se na trajetória desta estudante a segunda aula, na qual 84,6% das falas da estudante foram utilizando a terminologia científica. Nesta aula, o professor-pesquisador apresentou o maior número de conceitos de Física relacionados ao conforto térmico e sensação térmica, e isso demonstra que a estudante se apropriou destes conceitos de maneira rápida e mostrou adaptação a uma aula mais conceitual.

O quadro 8 indica o número de falas desta estudante por aula, as falas utilizadas foram somente as relacionadas aos conteúdos de Física ou de outras disciplinas correlatas.

Quadro 8 — Falas Totais da estudante Y, por aula.

Aula	Falas Totais
Aula I -Conversando sobre o questionário	6
Aula II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)	18
Aula III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial)	15
Aula IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação).	16
Aula V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial)	15
Aula VI – Construindo, Avaliando e Usando o Check List de Sensação Térmica	17

Fonte: Elaboração própria.

A estudante realizou no total oitenta e sete interações ao longo das seis aulas, sem considerar interações muito curtas como respostas e dúvidas muito breves. Houve portanto ao longo das seis aulas, bastante interação por parte da estudante Y, ela demonstrou uma excelente desenvoltura no entendimento e utilização dos conceitos aprendidos ao longo das aulas. O grande número de falas, em especial as falas relacionadas à utilização de termos científicos demonstram a grande adesão da estudante à apropriação do vocabulário científico com facilidade de acompanhar as aulas da disciplina de Física, como a mesma relatou inicialmente. Essa facilidade da estudante é oriunda de uma série de fatores: interesse pessoal

nos conteúdos, apoio familiar aos estudos da estudante e possíveis outros que necessitam de uma investigação mais aprofundada.

Para estudantes com este perfil, esta pesquisa, ao abordar situações menos “livrescas” e mais próximas do concreto da vida das pessoas, demanda também uma gama mais diversificada de conceitos científicos, e, portanto, tem o potencial de promover mais interesse de estudantes que se interessam pelos fenômenos naturais. Estudantes como a estudante Y, utilizam a experiência sensorial como mediação, mas demonstram maior prazer em aprender os conceitos em si mesmos e, portanto, a experiência sensorial funciona como uma introdução.

5.3 A trajetória da estudante X: problematizando ainda mais.

O estudante X durante a Aula 1 - Conversando sobre o questionário, relatou que consegue compreender os conceitos da disciplina de física, consegue resolver as questões, mas tem dificuldades de se lembrar das fórmulas matemáticas e também diz que gosta da disciplina. Este estudante iniciou a pesquisa com sentimentos positivos em relação à disciplina de Física.

Na quadro 9 consta o quantitativo de falas do estudante X, e também a respectiva porcentagem do total de falas dentro das categorias consideradas. Abaixo somente estão consideradas falas das categorias A) e B), que representam as falas relacionadas ao conteúdo de Física.

Quadro 9 — Quantitativo e percentual de falas do estudante X.

Aula	Total de Falas (Categorias A e B)	Experiência sensorial	Porcentagem	Termos científicos	Porcentagem
1	8	5	62,5%	3	37,5%
2	18	4	28,6%	14	72,4%
3	30	7	23,3%	23	76,7%
4	6	3	50%	3	50%
5	10	4	40%	6	60%
6	11	4	36,4%	7	63,6%

Fonte: Elaboração própria.

Na trajetória do estudante X, podemos perceber que na aula inicial ele utiliza principalmente sua experiência sensorial. Porém, a partir da segunda aula, na qual o

professor-pesquisador passa a explorar, em conjunto com os estudantes, os conceitos científicos, então a utilização da experiência sensorial por ele varia entre 23,3% e 50%. Essa substituição da experiência pela utilização dos termos científicos demonstra uma adesão ao uso dos conceitos da Física, o que é importante pois a utilização deles é essencial para o entendimento da sensação térmica em contextos que os textos problematizadores exploraram.

O quadro 10 indica o número de falas deste estudante por aula, as falas utilizadas foram somente as relacionadas aos conteúdos de Física ou de outras disciplinas correlatas.

Quadro 10 — Falas Totais da estudante X, por aula.

Aula	Falas Totais
Aula I -Conversando sobre o questionário	11
Aula II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)	21
Aula III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial)	30
Aula IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação).	13
Aula V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial)	14
Aula VI – Construindo, Avaliando e Usando o Check List de Sensação Térmica	15

Fonte: Elaboração própria.

O estudante realizou no total cento e quatro interações ao longo das seis aulas, sem considerar interações muito curtas como respostas e dúvidas muito breves. Com esse grande volume de participações fica evidenciado o grande engajamento do estudante na pesquisa, também é uma confirmação da fala do estudante sobre se interessar pelos conteúdos da disciplina. Houve também um excelente domínio e utilização dos conceitos abordados na sequência de aulas pelo estudante, ele demonstrou facilidade em destrinchar as situações dos textos problematizadores utilizando os conceitos aprendidos e também foi capaz de formular dúvidas com um grau maior de aprofundamento, o que demandou do professor-pesquisador respostas mais aprofundadas e com maior complexidade.

Para estudantes com este perfil, que tem facilidade de apropriação dos termos e conteúdos científicos e que demandam inclusive aumento de complexidade nas explicações

para que suas dúvidas sejam totalmente sanadas, as situações dos textos problematizadores proporcionam situações do mundo real que podem ser abordados em diferentes níveis de complexidade de acordo com as demandas dos estudantes e, portanto, pode proporcionar uma certa personalização e motivar os estudantes. Estudantes com este perfil confrontam suas experiências sensoriais com os conceitos que dominam com certa facilidade, e deste confronto que surgem as necessidades de aprofundamento.

6 CONCLUSÃO

A grande motivação do professor-pesquisador ao realizar esta pesquisa foi a vontade de contribuir com um aumento na qualidade de ensino de Física. Existe muito espaço para que a relação dos estudantes com essa disciplina melhore e é necessário que se busque essa melhora para que os estudantes e professores tenham experiências mais agradáveis nos momentos de escolarização. O acesso ao conhecimento científico, ainda que escolar, só acontece na vida de muitas pessoas durante a sua escolarização, e, portanto, é de interesse dos professores que os estudantes aprendam a lidar da melhor forma possível com esses conhecimentos na posteridade. Um ensino de Física com qualidade pode contribuir para que as pessoas não sejam convencidas por informações falsas relacionadas às ciências naturais e também contribui na inserção das pessoas nos debates científicos, e colabora para que elas exerçam seus direitos e sua cidadania.

A concepção de ensino de qualidade da disciplina de Física utilizada aqui é bem específica. Se trata de um ensino que explicita aos estudantes que os conceitos utilizados podem vir a ser ferramentas poderosas de análise de situações do mundo real. Para isto, foi trabalhado, nesta pesquisa, os temas da sensação térmica e do conforto térmico. O estudo de tais temas com os estudantes permitiu uma contextualização do ensino de conceitos de física térmica que tradicionalmente ocorrem no 2º ano do Ensino Médio. Todas as concepções de contextualização descritas em “A concepção de contextualização”, estiveram presentes nessa pesquisa. Porém, a mais utilizada foi a II) Contextualização como aprendizagem significativa/ que parta do cotidiano e vivências prévias/ que tenha potencial de modificar realidades. Essa concepção se mostrou adequada, pois houve a ressignificação por parte dos estudantes de conceitos prévios que eles já tinham devido a experiências anteriores.

Objetivo geral desta pesquisa foi concluído, houve a criação de um material didático sobre o conforto térmico, que se baseou nas interações dos estudantes com a sequência de aulas ministradas e com o professor-pesquisador. Houve também uma participação bastante ativa dos estudantes, tal qual descrita no capítulo – Análise da Trajetória dos Estudantes, que apresenta detalhadamente como se deu o engajamento de três estudantes.

O objetivo específico de “Propor uma contextualização do ensino de Física a partir do estudo do conforto térmico” também foi alcançado. Nas aulas ministradas, houve o ensino contextualizado de conceitos de física térmica como temperatura, calor, radiação, condução, convecção, evaporação, condensação, inércia térmica e outros. O professor-pesquisador também detectou, que nos oito livros didáticos analisados em – Temperatura e Calor: breve

revisão bibliográfica não houve uma tentativa de equivaler ou comparar o conceito de calor apresentado com o conceito de calor presente no mecanismo da radiação.

Esse movimento foi necessário já que a contextualização seria prejudicada se não houvessem pontes entre duas definições diferentes de um mesmo conceito, trazer um contexto é inserir os conceitos em situações específicas que permitem uma comunicação entre os conceitos e essa situações e para isso espera-se que os conceitos sejam concisos em seus significados. O movimento de contextualização também aconteceu quando os estudantes foram encorajados a refletir sobre as condições térmicas dos seus quartos, residências, entorno imediato por meio do questionário – “Investigando a Sensação Térmica”, e com isso inseriram suas vivências reais no diálogo com os conceitos ensinados.

Consideramos que o objetivo específico de avaliar a pertinência de uma sequência de aulas na construção do *check list* também foi atingido. Essa avaliação se deu de modo contínuo, e consistiu na escuta dos estudantes sobre o estilo de aula, questionando-os sobre a agradabilidade da aula, grau de entendimento e influência do tipo de aula no entendimento dos estudantes do conteúdo. A sequência de aulas foi pertinente e proporcionou reflexões que foram essenciais para a continuidade da pesquisa. Além disso, direcionou a maneira como a continuidade da sequência foi sendo construída, assim como na elaboração do *check list*.

Os estudantes foram muito ativos na proposição de mudanças na sequência de aulas e conseqüentemente na construção do *check list*. Eles propuseram, por exemplo, que em alguns momentos o professor-pesquisador informasse com maior rapidez se um determinado raciocínio estava correto ou não, essa demora foi intencional e visava que o estudante demorasse mais tempo em suas reflexões, mas a solicitação foi atendida parcialmente pois o professor-pesquisador passou a dar este retorno um pouco mais rápido, porém, ainda mantendo a intencionalidade mencionada. Uma grande mudança na sequência de aulas foi também proposta pelos estudantes de maneira indireta, o primeiro texto problematizador, aplicado na aula III ficou mais complexo que o esperado, e por isso gerou muitas dificuldades para que os estudantes conseguissem identificar se a pessoa descrita no texto estaria com uma sensação mais de calor do que de frio. Portanto este texto deve ser aprimorado para aplicações futuras.

Outra percepção do professor-pesquisador é a de que os estudantes, ao analisarem os fatores que contribuem para uma sensação térmica de calor e os fatores que fazem o contrário podem ficar um pouco confusos. As situações descritas podem ser muito subjetivas e a situação da sensação térmica ficar indeterminada. Para solucionar esse problema, o professor-pesquisador deve também mostrar que existem formas objetivas de determinar a sensação térmica como: a utilização de calculadoras de sensação térmica, tabelas de sensação térmica,

realização de operações matemáticas. Essa percepção também só foi possível por conta da postura ativa dos estudantes na avaliação da sequência de aulas. Além disso, também foi importante a validação de aspectos da aula considerados como positivos pelos estudantes, tal qual a análise e explicação de cada uma das frases dos textos problematizadores pelo professor pesquisador. Todos os estudantes mencionaram que essa maneira de lidar com os textos foi importante para o aprendizado.

O objetivo específico de construir um *Check List* com os estudantes para avaliar o conforto térmico de ambientes diversos, internos e externos à escola, também foi concluído com sucesso. A sexta aula foi inteiramente dedicada a construção dessa ferramenta. Nela os estudantes classificaram como principal, secundário ou secundário (depende) os quinze fatores relevantes para a determinação da sensação térmica de um ambiente. Após essa classificação, foram criadas categorias dentro de cada um dos quinze fatores, o total de categorias criadas pelos estudantes foram de cinquenta. Em seguida, por fim, foram atribuídos valores números arbitrários pelos estudantes para cada uma das cinquenta categorias. Com os valores atribuídos, foi possível obter a sensação térmica provável do ambiente com uma equação matemática simples, essa fórmula envolve somente somas e subtrações. Ao término dessa confecção, os estudantes utilizaram a fórmula e fizeram apontamentos sobre a necessidade de aprimoramento da mesma.

Ao longo de toda sequência de aulas, foi possível perceber que os estudantes tiveram muita participação. Muitas das atividades propostas os colocaram no centro do processo de aprendizagem. O evidente envolvimento dos estudantes foi potencializado por atividades em que eles precisavam ser ativos como: a análise frase a frase dos textos problematizadores, a construção coletiva de textos problematizadores, a construção e aprimoramento do *check list*, e os constantes pedidos do professor-pesquisador em avaliar a qualidade das aulas.

Também é relevante mencionar o quão importante é a relação afetiva entre o professor-pesquisador e os estudantes. Esta pesquisa foi realizada durante as férias escolares de alguns estudantes, e houve aulas ministradas em datas como 23 e 30 de dezembro, nas quais os estudantes geralmente estão descansando e não estão dispostos a estudar e ainda mais com atividades extra escolares. O relacionamento cordial, respeitoso e de confiança dos estudantes de que o professor-pesquisador pôde conduzir os estudantes a novos conhecimentos relacionados à Física (mesmo no caso do estudante que não gosta da disciplina e aceitou participar da pesquisa em datas como essa) também contribuiu bastante para que eles aderissem a proposta do professor-pesquisador de maneira tão satisfatória. Portanto além de toda preocupação metodológica também é essencial que o professor conquiste o estudante

no trato diário, uma boa relação com os estudantes contribuirá para que os estudantes tenham mais motivação nos estudos dos conteúdos.

Os temas da sensação térmica e do conforto térmico mostraram-se bastante ricos para proporcionar reflexões nos estudantes. Durante as aulas, era frequente a introdução de elementos de estudo que o professor-pesquisador não havia preparado, e foram incorporados por demanda dos estudantes. Na reflexão sobre os temas, os estudantes também optaram, com frequência, por uma forma de analisar a situação que não é “livresca”, eles pensaram nos fenômenos acontecendo de maneira simultânea e não compartimentada como as vezes acontece durante o ensino dos conceitos. A complexidade das situações dos textos problematizadoras também estimulou nos estudantes o aprofundamento de alguns conceitos, como diferenciar os tipos de infravermelho e entender de maneira mais aprofundada a radiação difusa.

O temas da sensação térmica e conforto térmico são interdisciplinares e, nesta pesquisa, essa interdisciplinaridade assume um papel instrumental e mobiliza conhecimentos de várias disciplinas escolares. Essa interdisciplinaridade foi notada em vários momentos pelos estudantes, os mesmos trouxeram questões e vivências relacionadas às disciplinas de Geografia, Química e Biologia, e o próprio professor-pesquisador incorporou em suas explicações conhecimentos associados à Arquitetura e à Fisiologia.

Para finalizar, podemos afirmar que a utilização dos temas da sensação térmica e do conforto térmico cumpriu com as finalidades desta pesquisa. Gostaríamos de que os estudantes percebessem um outro lado da disciplina da Física: aquele que consegue dialogar com situações reais e não somente com situações idealizadas dos livros, aquele que comunica com outras áreas do conhecimento e aquele que não depende exclusivamente da utilização e manipulação de fórmulas matemáticas para ser compreendido.

Também é importante reconhecer algumas limitações da pesquisa. Devido às condições impostas pela pandemia de Covid-19, ela foi realizada de forma remota, com um grupo de estudantes reduzido e distante do ambiente escolar. Portanto, a aplicação da sequência de aulas em uma sala de aula regular com um grande número de estudantes necessitará de algumas adequações. Em uma turma regular, há uma menor flexibilidade da duração das aulas, portanto é necessária uma delimitação mais rígida da duração e do aprofundamento de cada aula. A redução dos textos problematizadores pode ser necessária, a leitura conjunta com os estudantes e consequente explicação de cada uma das frases é um ponto vital da metodologia de ensino e devem ser mantidas.

A construção conjunta do *check list* será mais proveitosa se for realizada em grupos menores. A realização com todos estudantes de um turma regular fará com que a interação com vários estudantes se reduza bastante. Mas também há vantagens na realização com uma turma regular, o uso e aprimoramento do *check list* é muito mais adequado com um número maior de pessoas utilizando o mesmo.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é que o grupo de estudantes que participou desta pesquisa é oriundo de escolas particulares e escolas públicas federais, as realidades encontradas em escolas públicas estaduais e municipais tendem a ser diferentes. Não é prudente fazer qualquer afirmação aprofundada sobre este assunto, visto que não foi investigado nesta pesquisa, porém a menção dessa origem dos estudantes é importante.

Esperamos que essa pesquisa e seus materiais sobre o conforto térmico produzidos estimulem outros professores e professoras de Física, Biologia, Ciências e áreas correlatas a contextualizarem os seus ensinamentos com a mesma temática desta pesquisa. Esperamos também que as experiências aqui relatadas sejam aprimoradas por outros profissionais, e que consigamos estudantes mais participativos e motivados, e com isso uma que uma melhora ainda que singela na qualidade do ensino de Física ocorra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em Educação: fundamentos, métodos e técnicas**. 1. ed. Porto: Porto Editora, 1994. 336 p.

BONJORNO, Regina Azenha.et al. **Física Fundamental: 2º grau**. São Paulo: FTD, 1993

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, v. 2, 2006. 140 p. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 12 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Educação é a Base**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2018a. 600 p. Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 12 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC/CNE, 2018b.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BUSS, C da S. **Nascimento e evolução da disciplina de Física no Ensino Secundário brasileiro : uma análise a partir da teoria de David Layton**. 2017. 280 p. Tese (Doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande, Rio grande, 2017.

DOS SANTOS, W. L. P. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, p. 5. ISSN 1980-8631. Disponível em: <http://143.0.234.106:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/149>. Acesso em: 03 fev. 2021.

FÍSICA: TERMOLOGIA, ÓPTICA, ONDULATÓRIA, 2º ANO. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. 129p.

FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico : arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo : Studio Nobel, 2001. 224 p.

HALLIDAY, David. RESNICK, Robert. WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Tradução e Revisão Técnica de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2012

LIMA, E. C. de. **Conforto térmico como proposta de contextualização para o ensino de termodinâmica (Material do Professor)**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.74. 2012.]

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da. ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: Contexto e aplicações: ensino médio**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da. ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física: volume 2**. São Paulo: Scipione, 2005.

MAIA, A. P. **O conforto térmico: um contexto para estudar termologia no ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, p.104. 2020.

MATTOS, C. DRUMOND, A.V.N. Sensação térmica: uma abordagem interdisciplinar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 7-34, abril, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6437/5953>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. **Currículo Referência de Minas Gerais: Currículo Referência do Ensino Médio**. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Conselho Estadual de Educação de Minas Gerais, 2021. 497 p. Disponível em <https://www2.educacao.mg.gov.br/images/documentos/Curr%C3%ADculo%20Refer%C3%Aancia%20do%20Ensino%20M%C3%A9dio.pdf>. Acesso em: 20 abri, 2021.

MODERNA PLUS: CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

PEREIRA, M. P. **“Ufa!! Que calor é esse?! Rio 40 °C” — Uma proposta para o ensino dos conceitos de calor e temperatura no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p.147. 2010

RICARDO, E. C. A problematização e a contextualização no ensino das ciências: acerca das ideias de Paulo Freire e Gérard Fourez. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru, **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2003. p. 1-12. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/orais/ORAL019.pdf> . Acesso em: 20 fev. 2021.

RICARDO, E. C. **Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências**. 2005. 257 p. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós

Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005

RICARDO, E. C ; FREIRE, J. C.A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Rev. Bras. Ensino Fís**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 251-266. ISSN 1806-9126, 2007. DOI 10.1590/S1806-11172007000200010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000200010>. Acesso em: 20 jan . 2021.

SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sérgio. **Física: volume único**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educ. Pesqui**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466. ISSN 1678-4634, 2005. DOI 10.1590/S1517-97022005000300009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>. Acesso em: 25 out . 2020.

VALLE, Cecília. **Tecnologia e sociedade, 8ª série**. 1. ed. Curitiba: Positivo, 2004.

APÊNDICE A - Investigando a sensação térmica

INVESTIGANDO A SENSACÃO TÉRMICA

Utilize o formulário abaixo para investigarmos como são nossas sensações térmicas, nele estão alguns fatores que podem influenciar em como nos sentimos. Faça anotações em três horários diferentes se possível (sugestão: 09h da manhã, 15h da tarde e 09h da noite) em pelo menos duas partes da sua casa (Sala, Quarto, Cozinha..... e se houver no Quintal) ou da escola.

Parte da Casa/Escola : _____ **Data:** ___/___/20__ **Horário:** __h__min

Antes de fazer as anotações, registre como você chegou nessa parte da casa:

Correndo Andando normal Andando devagar Andando rapidamente.

Meus sentimentos no momento:

Empolgação Relaxamento “Normalidade” Preocupação Nervosismo

Minhas roupas no momento:

Roupas “curtas” – Camisetas, Shorts..... Roupas médias – Camisas, Bermudas.....

Roupas “longas” - Blusas de “frio”, Calças de “frio”....

Nas proximidades da minha casa:

Presença de Água(Córregos, Lagos....) → Muita Pouca Nenhuma

Presença de Árvores → Muitas Poucas Nenhuma

Presença de Prédios ou Casas → Muitas Poucas Nenhuma

Presença de Grama → Muita Pouca Nenhuma

Presença de Vento → Muito Pouco Nenhum

Cores das Paredes Externas → Branca Cores Claras Cores Escuras Pretas

Na parte da casa/escola em que você estiver:

Presença do Sol → Muito Ensolarado Ensolarado Pouco Sol Sombra
Nenhum Sol

Tipo de Chão → Terra Taco de Madeira Cimento
 Cerâmica(Azulejo) Outro _____

Cor do Chão → Branco Claro Escuro Preto

Presença de Vento → Muito Pouco Nenhum

Presença de Janelas → Mais de uma Uma Nenhuma

Composição das Paredes →

Tijolo “normal” Concreto Tijolo sem furos Outro Não sei

Cores das Paredes Internas →

Branca Cores Claras Cores Escuras Pretas

Sensação Térmica →

Muito Calor Calor Ameno Frio Muito Frio

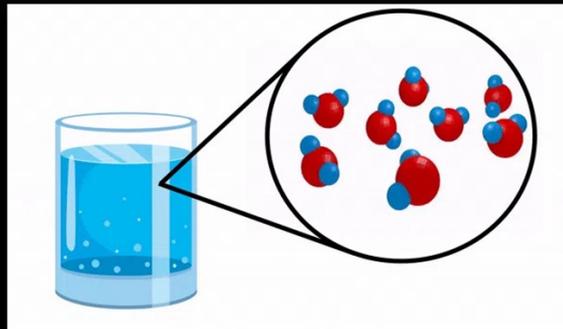
Anote aqui outras características que você acha importante e que não estão no questionário:

APÊNDICE B - O que já vimos até aqui

O QUE JÁ VIMOS ATÉ AQUI

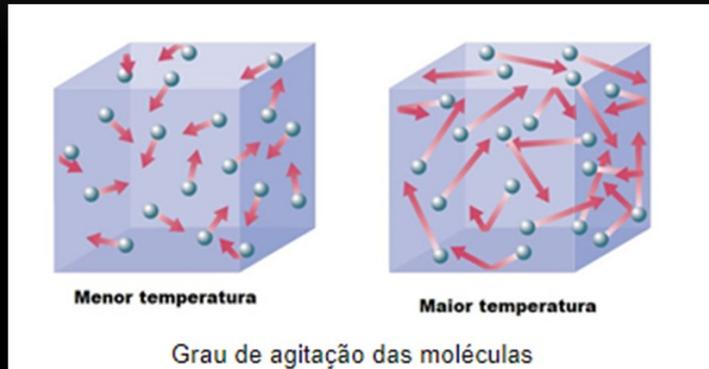
O COMPORTAMENTO TÉRMICO MACROSCÓPICO
PODE SER EXPLICADO PELO COMPORTAMENTO
DE SUAS PARTÍCULAS

Moléculas de Água (H_2O)



Fonte: Toda Matéria (<https://www.todamateria.com.br/o-que-e-molecula/>,
acessado em fevereiro de 2023)

TEMPERATURA COMO GRAU DE AGITAÇÃO DAS PARTÍCULAS

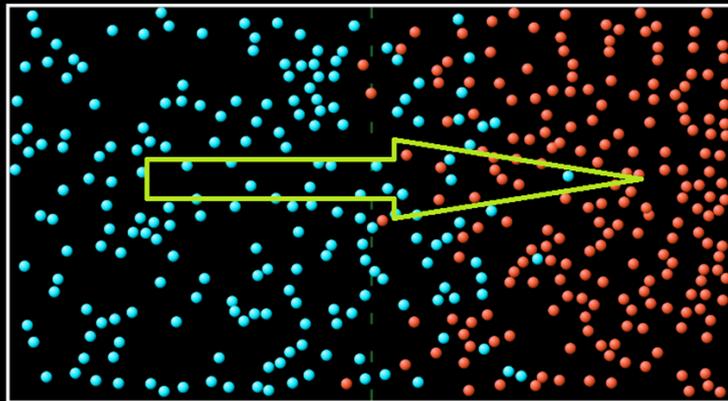


Fonte: Ciência em Ação <https://cienciaemacao.com.br/pressao-volume-e-temperatura-o-que-voce-precisa-saber/>, acessado em fevereiro de 2023)

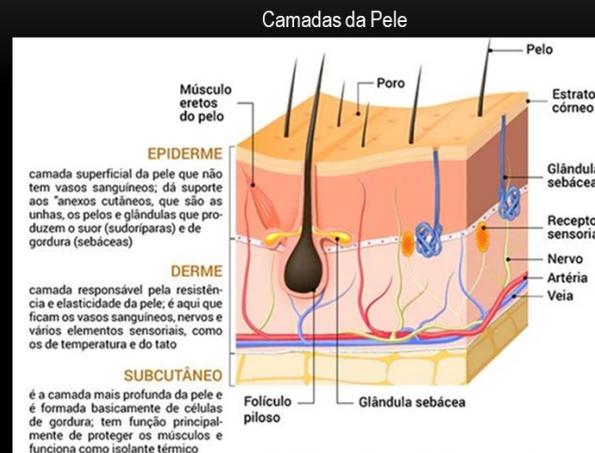
CALOR COMO FLUXO DE ENERGIA DO CORPO DE MAIOR TEMPERATURA AO DE MENOR TEMPERATURA

$T_{\text{média}} = 226 \text{ K}$

$T_{\text{média}} = 142 \text{ K}$

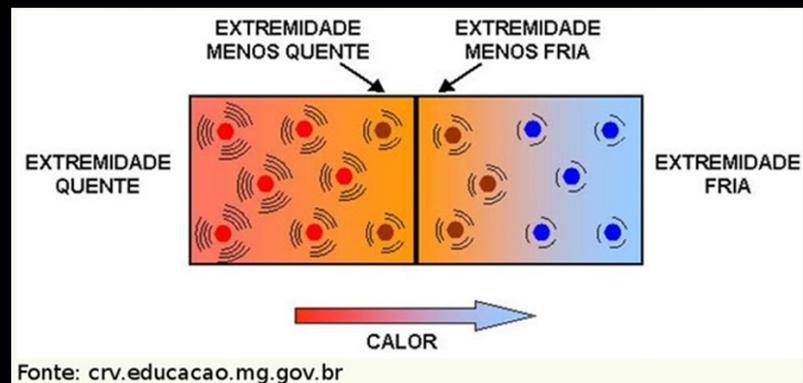


A PELE COMO SENSOR HUMANO DE TEMPERATURA

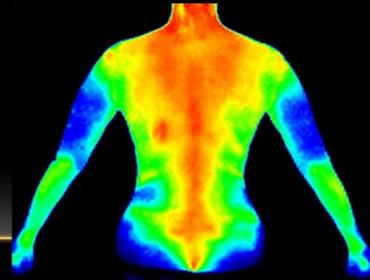


Fonte: Terra (<https://www.terra.com.br/noticias/climatempo/pele-o-termometro-do-nosso-corpo,d67d2f755d25164c95fa9a8ca436d1f23newgpc0.html>, acessado em fevereiro de 2023)

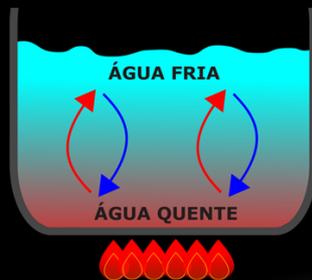
CONDUÇÃO COMO MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR QUE NECESSITA DE CONTATO FÍSICO, OCORRE SOMENTE EM SÓLIDOS.



RADIAÇÃO COMO MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR QUE NÃO NECESSITA DE CONTATO FÍSICO. OCORRE EM SÓLIDOS, LÍQUIDOS, GASES E VAPORES.



CONVECÇÃO COMO MECANISMO DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR QUE NECESSITA DE CONTATO FÍSICO E DE DIFERENÇA DE DENSIDADE. OCORRE SOMENTE EM LÍQUIDOS, GASES E VAPORES.

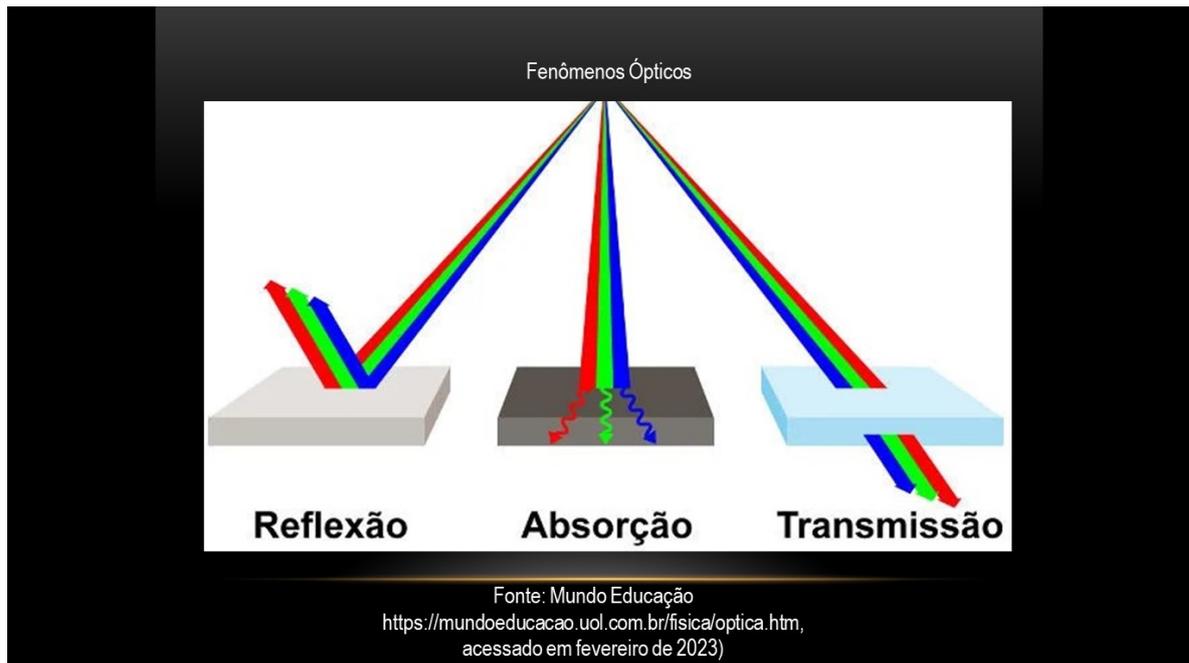


FATORES RELEVANTES PARA AS SENSAÇÕES TÉRMICAS

- A UMIDADE PRESENTE NA ATMOSFERA E NOS OBJETOS INTERFERE NAS SENSações TÉRMICAS, ASSIM COMO A QUANTIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR E A PRESENÇA OU NÃO DE VENTILAÇÃO.

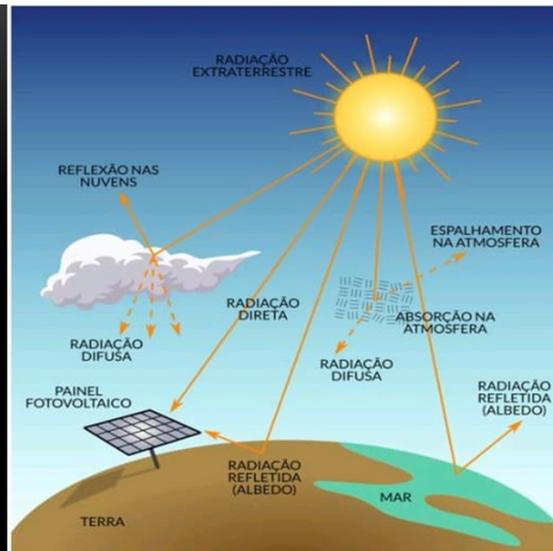
FONTES DE CALOR

- Radiação Solar;
- Iluminação Artificial;
 - Seres vivos;
- Eletrodomésticos e Móveis;
 - Paredes e Chão;



CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS MATERIAIS

- Calor Específico (Inércia Térmica);
 - Refletância;
 - Emissividade;
 - Condutância;
 - Transmitância;



Fonte: Instituto Solar

(<https://institutosolar.com/dimensionamento-de-sistemas-fotovoltaicos/>, acessado em fevereiro de 2023)

O FATOR ÁGUA



A ÁGUA SEJA NO ESTADO LÍQUIDO OU VAPOR TEM ALTO CALOR ESPECÍFICO E PORTANTO ALTA INÉRCIA TÉRMICA.

A ÁGUA E AMBIENTES ÚMIDOS DEMORAM MUITO A AQUECER E DEPOIS MUITO A SE RESFRIAR

Fonte: Brasil Escola

(<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conveccao-brisas-maritimas.htm/>, acessado em fevereiro de 2023)

PAREDES, TETO E CHÃO

- 01) Barram os ventos;
- 02) Absorvem umidade do ar;
- 03) Refletem a luz solar direta e difusa;
- 04) Absorve calor do ar e outros elementos;
- 05) Reemite o calor após elevar sua temperatura;

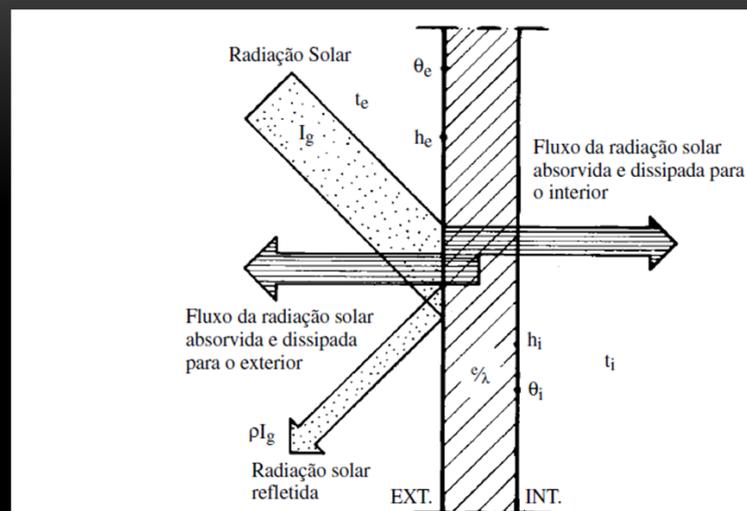


Figura 5 — Trocas de calor através de paredes opacas.

Fonte: FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R (2001)

Superfície	%	superfície	%	superfície	%
Concreto	22	grama	24	sorgo	20
solo escuro seco	14	batata	20	algodão	21
solo escuro úmido	8	beterraba	26	tomate	23
asfalto	7	cevada	24	abacaxi	15
areia branca	37	trigo	24	floresta conífera	5 - 15
neve recém caída	82	feijão	24	floresta folhosa	10 - 20
neve velha	57	milho	20	campos naturais	3 - 15
Água	5	Fumo	22	Cidades	14 - 18

Fonte: FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R (2001)

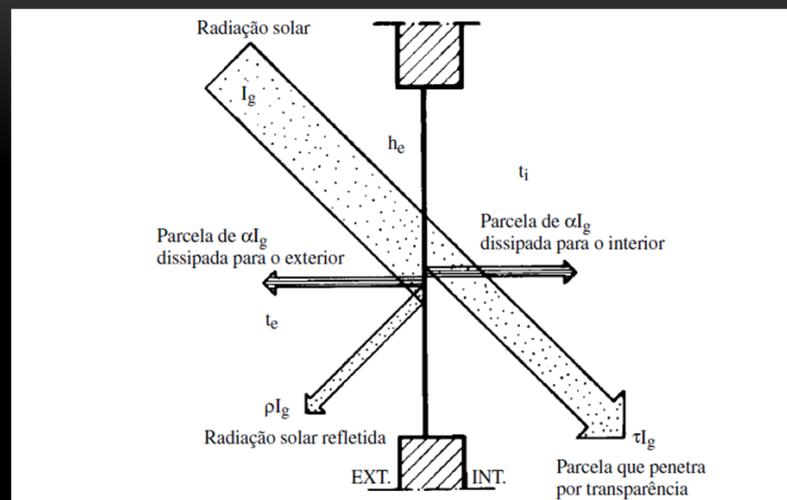


Figura 6 — Trocas de calor através de superfícies transparentes ou translúcidas.

Fonte: FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R (2001)

JANELAS

- 01) Permite ou não a ventilação;
- 02) Dificulta ou não a entrada de umidade;
- 03) Refletem a luz solar direta e difusa;
- 04) Absorve calor do ar e outros elementos;
- 05) Reemite o calor após elevar sua temperatura;
- 06) Transmite a luz.

VEGETAÇÃO E ÁRVORES

- 01) Aumenta a umidade do ar e diminui do solo;
- 02) Refletem a luz solar direta e difusa;
- 03) Absorve muita radiação solar direta;
- 04) Reemite o calor após elevar sua temperatura;
- 05) Sombra

CORPOS D'ÁGUA

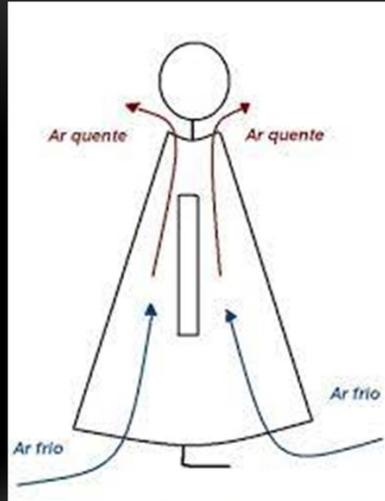
- 01) Aumentam a umidade do ar;
- 02) Grande inércia térmica, dificultando trocas de calor;
- 03) Refletem a luz solar direta e difusa;
- 04) Absorve calor do ar e outros elementos;
- 05) Reemite o calor após elevar sua temperatura;
- 06) Transmite a luz.



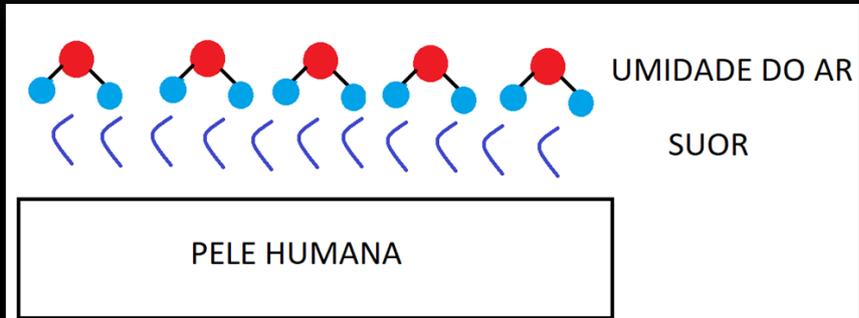
Fonte: Pinterest
(<https://br.pinterest.com/nerinecarvalho/beduinos/>, acesso em fevereiro de 2023)



Fonte: Deposit Photos
(<https://br.pinterest.com/nerinecarvalho/beduinos/>, acesso em fevereiro de 2023)



Fonte: Imagem própria



Fonte: Imagem própria

VESTIMENTA

- Refletem a radiação solar direta (se forem de cores claras);
- Dificultam a convecção do ar (se não forem largas);
- Retém umidade do corpo ao dificultar a sudação (suor);
- Aumenta o isolamento térmico;
- Dificulta a sudação (suor);
- Impede o contato direto da pele com o ar, paredes, chão e objetos (dependendo da parte do corpo);

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- Depende da diferença de temperatura entre:

- . A pele e o ar do ambiente;
- . Entre a vestimenta e a pele;

$$T_{\text{Pele}} = 0,07 (T_{\text{testa}} + T_{\text{pé}}) + 0,05 T_{\text{mão}} + 0,14 T_{\text{antebraço}} + 0,35 (T_{\text{peito}} + T_{\text{costas}}) = 0,19 T_{\text{coxa}} + 0,13 T_{\text{canela}}$$

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- **Depende da temperatura do ar, que depende de:**
 - . Da radiação solar e artificial (difusa e direta)
 - . Do calor específico das paredes e chão (inércia térmica)
 - . Da ventilação do ambiente;
 - . Da umidade do ar;
 - . Da carga térmica do ambiente (seres vivos, equipamentos.)

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- **Depende do metabolismo e do nível de atividade:**
 - . Pessoas com metabolismo acelerado respondem mais rapidamente à mudança de temperatura;
 - . Uma pessoa em atividade física intensa acelera o seu metabolismo;
 - . Uma pessoa realizando uma corrida emite mais calor que uma pessoa parada;

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- **Depende do metabolismo e do nível de atividade:**
 - . Pessoas com metabolismo acelerado respondem mais rapidamente à mudança de temperatura;
 - . Uma pessoa em atividade física intensa acelera o seu metabolismo;
 - . Uma pessoa realizando uma corrida emite mais calor que uma pessoa parada;

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- **Depende da resposta corporal da pessoa :**
 - . O suor tem uma função essencial de roupar calor da pele ao se evaporar
- Exemplo – Quando a pele perde via suor 0,5 l de água há uma perda de 270 mil calorias de energia, com essa mesma energia daria para aumentar 2,7 litros de água em 100°C

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- Depende da resposta corporal da pessoa :

Frio: Evitar perdas térmicas do corpo e aumentar a produção interna de calor.



Fonte: Roberto Lamberts

SENSAÇÃO TÉRMICA: FATORES

- Depende da resposta corporal da pessoa :

Calor: Incrementar as perdas térmicas do corpo e reduzir a produção interna de calor



Fonte: Roberto Lamberts

APÊNDICE C - Construção do check list

As letras vermelhas e azuis indicam determinações de estudantes diferentes, nas tabelas no texto consta a decisão final.



FATORES PRINCIPAIS OU SECUNDÁRIOS?

- 1) Radiação Solar → Principal/Principal
- 2) Umidade → Principal/Principal
- 3) Metabolismo/Atividade → Principal/Principal
- 4) Vestimenta (Roupas) → Principal/Principal(Depende)
- 5) Ventilação Natural → Principal/Principal (Depende)
- 6) Ventilador → Secundário(Depende)/Secundário
- 7) Iluminação Artificial → Secundário/Secundário(Depende)
- 8) Rios, Lagos, Córregos e Piscina → Secundário (Depende)
- Secundário

FATORES PRINCIPAIS OU SECUNDÁRIO?

- 9) Presença de Árvores → Secundário (Depende)/Secundário
- 10) Vegetação no Solo → Secundário/Secundário (Depende)
- 11) Cores das Paredes Externas →
Principal(Depende)/Principal
- 12) Cores das Paredes Internas →
Secundário/Secundário(Depende)
- 13) Presença de Móveis e Seres Vivos →
Secundário(Depende)/Secundário
- 14) Espessura das Paredes → Secundário/Secundário(Depende)
- 15) Condutividade e Inércia Térmicas de Paredes, Teto e Chão →
Secundário/Secundário;

FÓRMULA DE SENSAÇÃO TÉRMICA

Sensação Térmica (°C) =

22 + Radiação Solar + Umidade + Atividades Físicas + Roupas + Ventos + Ventilador + Lâmpadas ± Corpos D'água + Árvores + Cobertura Vegetal do Solo + Cores das Paredes Externas + Cores das Paredes Internas + Presença de Móveis e Seres Vivos ± Espessura das paredes ± Condutividade e Inércia Térmica

UTILIZANDO O CHECK LIST

Sensação Térmica (°C) =
 = 22 + 2 + 0 + 0,5 + 1,5 + 0,5 + 1,5 + 0 - 0,5 -
 0,5 + 0,5 - 2

ST = 27° C (Estudante X) – Levemente Frio/Neutro

ST = 25° C (Estudante Y) – Neutro

ST = 29,5° C (Ramon) – Levemente Quente

ST = 25,5° C (Estudante Z) – Levemente Frio

ST = 28°C (Ramon outro dia) - Neutro

APÊNDICE D - Estudos de umidade usando o *heat index* e estudos de ventilação usando o *wind chill*

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 100% de Umidade:

De 2°C a 8°C → Diminuir 1°C na sensação térmica.

De 9°C a 18°C → Umidade não interfere na sensação.

De 19° a 24° C → Aumentar 1°C na sensação térmica

26°C → Aumentar 2°C na sensação térmica

27 °C → Aumentar 6°C na sensação térmica

28 °C → Aumentar 8°C na sensação térmica

29° C → Aumentar 10°C na sensação térmica

30 ° C → Aumentar 14°C na sensação térmica

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 70% de Umidade:

De 1°C a 6°C → Diminuir 2°C na sensação térmica.

De 7° a 16° C → Diminuir 1°C na sensação térmica

De 17°C a 25°C → Umidade não interfere na sensação.

26°C → Aumentar 1°C na sensação térmica

27 °C → Aumentar 2°C na sensação térmica

28 °C → Aumentar 3°C na sensação térmica

29° C → Aumentar 4°C na sensação térmica

30 ° C → Aumentar 5°C na sensação térmica

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 50% de Umidade:

De 2°C a 11°C → Diminuir 2°C na sensação térmica.

De 12° a 20° C → Diminuir 1°C na sensação térmica

De 21°C a 28°C → Umidade não interfere na sensação.

De 29°C e 30°C → Aumentar em 1°C na sensação térmica.

De 31° C e 32° C → Aumentar em 2°C na sensação térmica

33°, 34 e 35 °C → Aumentar em 3°,4 e 6°C a sensação térmica

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 0% de Umidade:

De 1°C a 4°C, 33°C a 35°C → Diminuir 4°C na sensação térmica.

De 5° a 14° e 30°C a 32°C → Diminuir 3°C na sensação térmica

De 15°C a 24°C e 28 °C e 29°C → Diminuir 2°C na sensação térmica

De 25°C a 27°C → Diminuir em 1°C na sensação térmica.

33°, 34 e 35 °C → Diminuir em 3°,4 e 6°C a sensação térmica

ESTUDOS DE VENTILAÇÃO USANDO O *Wind Chill*

. Ventos de 6,9 km/h

De 1°C a 3°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica.

A partir de 4°C → Não altera sensivelmente a sensação.

. Ventos de 8,9 km/h

De 1°C a 13°C → Diminuir 2°C a sensação térmica

De 14°C a 26°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica

A partir de 27°C → Não altera sensivelmente a sensação

ESTUDOS DE VENTILAÇÃO USANDO O *Wind Chill*

. Ventos de 11,2 km/h

De 2°C a 7°C → Diminuir em 4°C a sensação térmica.

De 8°C a 14°C → Diminuir em 3°C a sensação térmica.

De 15°C a 21°C → Diminuir em 2°C a sensação térmica.

De 22°C a 29°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica.

A partir de 30°C → Não há alteração sensível na sensação.

ESTUDOS DE VENTILAÇÃO USANDO O *Wind Chill*

. Ventos de 14 km/h

- De 1°C a 4°C → Diminuir em 6°C a sensação térmica.
- De 5°C a 9°C → Diminuir em 5°C a sensação térmica.
- De 10°C a 15°C → Diminuir em 4°C a sensação térmica.
- De 16°C a 20°C → Diminuir em 3°C a sensação térmica.
- De 21°C a 25°C → Diminuir em 2°C a sensação térmica.
- De 26°C a 30°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica.
- A partir de 31°C → Não há alteração sensível na sensação.

APÊNDICE E - Produto educacional

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA**

**SENSAÇÃO TÉRMICA E CONFORTO TÉRMICO:
Contextualizando o Ensino de Física.**

Autor: Ramon Gonçalves de Limas Junior

Belo Horizonte

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Educação

Mestrado Profissional Educação e Docência

SENSAÇÃO TÉRMICA E CONFORTO TÉRMICO:

Contextualizando o Ensino de Física.

Autor: Ramon Gonçalves de Limas Junior

Sequência de aulas e orientações, produto apresentado à Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais FAE/UFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências do Mestrado Profissional em Educação

Orientador: Prof. Dr. Juarez Melgaço Valadares

Público Alvo: Professores de Física e Ciências da Educação Básica

Belo Horizonte

2023

SUMÁRIO

Aos educadores	114
A ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DE AULAS.....	114
A “PRÉ- AULA”	115
AULA I – Conversando sobre o questionário	117
AULA II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)	117
AULA III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial)	123
AULA IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação).	125
AULA V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial).....	129
AULA VI – Construindo, Avaliando e Usando o <i>Check List</i> de Sensação Térmica	132
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143

Aos educadores

O objetivo nuclear deste produto educacional é auxiliar professores que queiram promover a contextualização do ensino de Física Térmica por meio de uma sequência de aulas sobre sensação térmica e conforto térmico em ambientes diversos. Espera-se que esse produto possa estimular uma maior participação dos estudantes e, para isso, adota uma metodologia de ensino altamente baseada na dialogicidade. As atividades aqui propostas colocam os estudantes no centro do processo de aprendizagem. O envolvimento dos estudantes pode ser potencializado por atividades em que eles precisavam ser ativos, como a análise frase a frase dos textos problematizadores, a construção coletiva de textos problematizadores e também a construção de um *check list*.

Gostaríamos de que os estudantes percebessem um outro lado da disciplina da Física: aquele que consegue dialogar com situações reais e não somente com situações idealizadas dos livros, aquele que comunica com outras áreas do conhecimento e aquele que não depende exclusivamente da utilização e manipulação de fórmulas matemáticas para ser compreendido. Esperamos que essa pesquisa e seus materiais sobre o conforto térmico produzidos estimulem outros professores e professoras de Física, Biologia, Ciências e áreas correlatas a contextualizarem os seus ensinamentos com a mesma temática desta pesquisa.

Essa sequência de aulas é um dos apêndices da dissertação intitulada SENSACÃO TÉRMICA E CONFORTO TÉRMICO: temáticas promissoras para uma contextualização do ensino de Física Térmica. Essa pesquisa foi defendida pelo autor desse produto e aprovada pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (FAE – UFMG). Na dissertação consta maiores aprofundamentos e o relato completo da experiência de aplicação desta sequência de aulas.

A ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DE AULAS

Essa sequência consiste em seis aulas e também de uma “pré – aula”, na qual os estudantes devem preencher um questionário que servirá de embasamento para toda a sequência. A sugestão é que cada aula tenha uma duração de aproximadamente 1h40min, exceto a sexta e última aula, que deve durar aproximadamente 2h30 minutos. Portanto, a sequência pode ser concluída em total de treze aulas de 50 minutos, que é o tempo de duração de uma aula na

rede pública estadual do Estado de Minas Gerais ou praticamente um bimestre da disciplina de Física no 2º ano do Ensino Médio.

A “PRÉ- AULA”

Todos os estudantes devem preencher o questionário abaixo, nomeado “Investigando a Sensação Térmica”. O questionário pode ser aplicado em formato impresso ou em formulário online e o professor deve ler as respostas para compreender de qual forma os estudantes estão avaliando as sensações térmicas que sentem de acordo com o ambiente em que se encontram. Além disso, conhecer melhor o ambiente da casa ou trabalho dos estudantes pode enriquecer as discussões e conversas que acontecerão na sequência das aulas.

Investigando a Sensação Térmica

Utilize o formulário abaixo para investigarmos como são nossas sensações térmicas, nele estão alguns fatores que podem influenciar em como nos sentimos. Faça anotações em três horários diferentes se possível (sugestão: 09h da manhã, 15h da tarde e 09h da noite) em pelo menos duas partes da sua casa (Sala, Quarto, Cozinha..... e se houver no Quintal) ou da escola.

Parte da Casa/Escola : _____ **Data:** ___ / ___ /20__ **Horário:** __h __min

Antes de fazer as anotações, registre como você chegou nessa parte da casa:

Correndo Andando normal Andando devagar Andando rapidamente.

Meus sentimentos no momento:

Empolgação Relaxamento “Normalidade” Preocupação Nervosismo

Minhas roupas no momento:

Roupas “curtas” – Camisetas, Shorts..... Roupas médias – Camisas, Bermudas.....

Roupas “longas” - Blusas de “frio”, Calças de “frio”....

Nas proximidades da minha casa:

Presença de Água(Córregos, Lagos....) → Muita Pouca Nenhuma

Presença de Árvores → Muitas Poucas Nenhuma

Presença de Prédios ou Casas → Muitas Poucas Nenhuma

Presença de Grama → Muita Pouca Nenhuma
 Presença de Vento → Muito Pouco Nenhum

Cores das Paredes Externas → Branca Cores Claras Cores Escuras Pretas

Na parte da casa/escola em que você estiver:

Presença do Sol → Muito Ensolarado Ensolarado Pouco Sol Sombra
 Nenhum Sol

Tipo de Chão → Terra Taco de Madeira Cimento
 Cerâmica(Azulejo) Outro _____

Cor do Chão → Branco Claro Escuro Preto

Presença de Vento → Muito Pouco Nenhum

Presença de Janelas → Mais de uma Uma Nenhuma

Composição das Paredes →

Tijolo “normal” Concreto Tijolo sem furos Outro Não sei

Cores das Paredes Internas →

Branca Cores Claras Cores Escuras Pretas

Sensação Térmica →

Muito Calor Calor Ameno Frio Muito Frio

Anote aqui outras características que você acha importante e que não estão no questionário:

AULA I – Conversando sobre o questionário

Nessa aula devem discutidas as respostas do questionário em conjunto com os estudantes. O professor deve verificar oralmente as concepções dos estudantes de como se dá a influência de cada um dos fatores que constam no questionário na sensação térmica que foi respondida .

O objetivo dessa primeira aula é enunciar as diversas variáveis presentes nos aspectos biofísicos, fisiológicos e subjetivos que influenciam na sensação e no conforto térmico e que serão discutidas nas aulas posteriores. Os estudantes devem ser encorajados a refletir sobre as condições térmicas dos seus quartos, residências e entorno imediato.

A sensação térmica pode ser avaliada por meio de três aspectos: 1) Biofísicos: baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos, 2) Fisiológicos: baseiam-se nas reações fisiológicas originadas por condições como temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar e 3) Subjetivos: baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA, SCHIFFER, 2001, p. 26).

Para turmas regulares de Ensino Médio, que contam com cerca de trinta alunos, é recomendado que os estudantes sejam reunidos em trios e que cada trio conte para o restante da turma as suas impressões sobre a influência dos fatores na determinação da sensação térmica. A divisão em trios visa possibilitar que o máximo de estudantes possa expressar suas impressões e estabelecer um diálogo tanto com o professor quanto entre os próprios estudantes, já que grupos maiores tendem a fazer com que vários estudantes se caleem durante o momento de fala, reduzindo assim a riqueza de relatos.

AULA II – Inter-relações entre os mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) e variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar)

A dinâmica dessa aula consiste em apresentar inicialmente algumas situações-problema contidas em um texto que está apresentado no parágrafo a seguir, essas situações têm potencial de incitar os estudantes a utilizarem conceitos científicos relativos aos mecanismos de troca de calor.

O texto problematizador utilizado, de autoria própria, está apresentado abaixo:

“ Havia chovido na madrugada anterior e amanhecera um dia ensolarado, a luz solar entrava no quarto (que fica no primeiro andar e é um quarto comum) em que eu estava e chegava no lado direito do meu corpo e o iluminava. Eu estava sentado na minha cama e encostado na parede, o meu braço esquerdo tinha acabado de encostar numa parte metálica do móvel ao lado. Soprava uma brisa que parecia começar aos meus pés e subia até o topo da minha cabeça, a temperatura ambiente era marcada por um termômetro no meu quarto e indicava 28°C e o relógio indicava 08h. ”

Foi dado um tempo para os estudantes fazerem a leitura e eles foram convidados a pensar sobre como estaria a sensação térmica de uma pessoa no ambiente descrito. O texto problematizador descreveu uma situação na qual vários fatores interagiam simultaneamente entre si e com a pessoa, gerando uma determinada sensação térmica. Optou-se por um texto que evidenciasse as complexidades de uma situação real, em detrimento de uma situação mais “livresca” e com muitas idealizações. O tempo para a leitura não deve ser demasiado longo pois o professor deve ler com a turma na sequência, cerca de cinco minutos é o suficiente para esse contato inicial.

Existe em Freire (1987, p.62) o conceito de codificação como sendo uma representação de uma situação real que evidencia os elementos constitutivos desse todo da situação e as interações entre eles, e também a descodificação como o processo de se analisar criticamente uma situação codificada. A utilização desse texto problematizador tem justamente essa intencionalidade de estimular que os estudantes codifiquem a situação narrada, ou recodifiquem, já que a utilização de um texto pronto já demonstra uma certa codificação prévia realizada pelo professor.

Posteriormente ao tempo de leitura individual dos estudantes, o professor deve conduzir uma reflexão crítica conjunta com os estudantes de cada uma das frases do texto problematizador e com isso buscar esmiuçar a presença dos conceitos científicos presentes. Essa etapa da aula tem a intencionalidade de se constituir num processo de descodificação, ou seja, de que o texto seja analisado criticamente pelos estudantes com o auxílio do professor.

A codificação do texto deve ser feita de modo que sua descodificação permita levantar os aspectos dos mecanismos de troca de calor e aspectos ambientais no conforto térmico, mas não de forma diretiva e sem excluir a possibilidade de surgirem novos temas não intencionais.

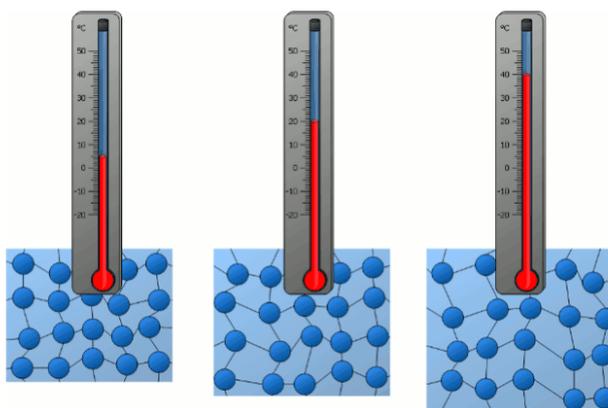
Sobre esse tipo de descodificação Freire (1987, p.69) afirma:

Ao oferecerem possibilidades plurais de análises, no processo de sua descodificação, as codificações, na organização de seus elementos constituintes, devem ser uma espécie de “leque temático”. Desta forma, na medida em que sobre elas os sujeitos descodificadores incidam sua reflexão crítica, irão “abrindo-se” na direção de outros temas.

O segundo momento da aula deve ser a apresentação de algumas definições dos conteúdos e, focar na exposição dos conceitos por meio de recursos como imagens, *gifs* e simuladores e durante esse momento retomar as partes do texto.

Além do texto problematizador, também deve-se utilizar um *gif* que mostra a agitação molecular presente em líquidos em três diferentes temperaturas. Ele deve ser utilizado para definir com os estudantes a temperatura como sendo a agitação média das partículas de um material qualquer. Uma captura de tela do *gif* consta abaixo:

Figura 1 – Agitação Molecular (Calor e Temperatura)

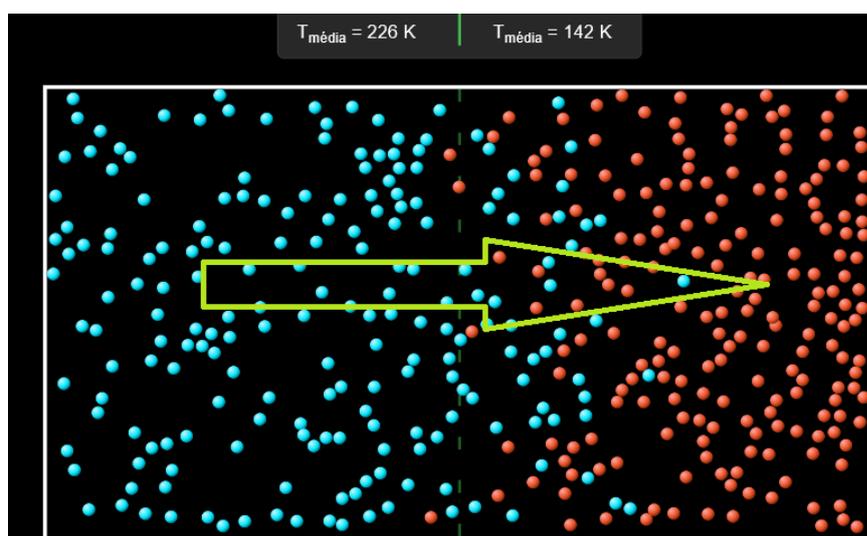


Fonte: *Gifs* de Física (<https://gifsdefisicacom.wordpress.com/2019/09/30/agitacao-molecular-calor-e-temperatura/>, acessado em fevereiro de 2023)

O conceito de calor deve ser trabalhado por meio de um simulador de difusão, nele é possível verificar que o fluxo de calor é mais intenso quanto maior a diferença de temperatura entre os corpos e revisar o conceito de temperatura como anteriormente definido. Após variarmos as

condições do simulador, deve ser apresentada aos estudantes a definição de calor como fluxo de energia do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Uma captura de tela do difusor consta abaixo:

Figura 2 – Difusão



Fonte: PHET (https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_pt_BR.html, acessado em fevereiro de 2023)

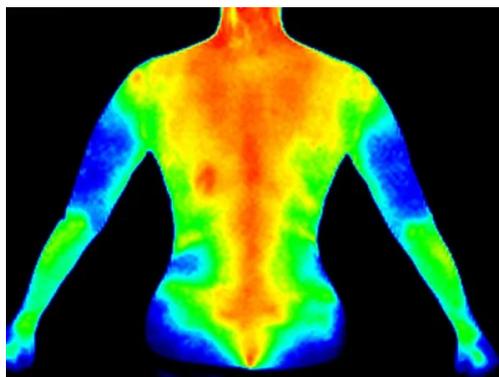
Os três mecanismos de troca de calor (condução, convecção e radiação) devem ser trabalhados com os estudantes por meio de imagens e discussões de situações do texto problematizador. Algumas das imagens que podem ser utilizadas são:

Figura 3 – Radiação Solar



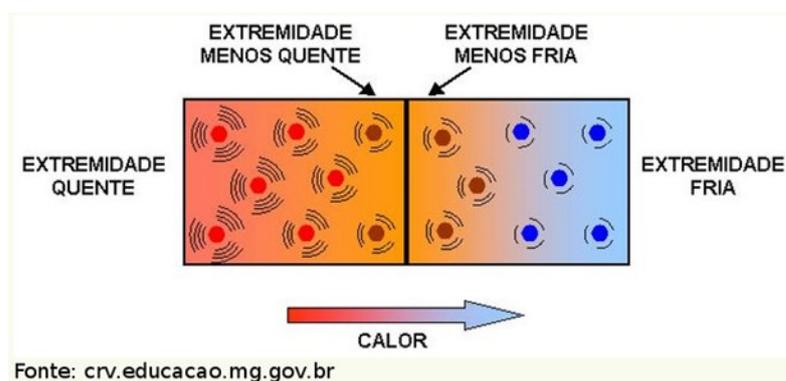
Fonte: NeoSolar (<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar>, acessado em fevereiro de 2023)

Figura 4 – Fotografia Térmica



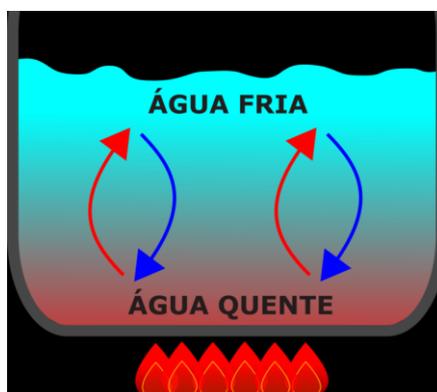
Fonte: Uol (<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm> , acessado em fevereiro de 2023)

Figura 5 – Esquema de transferência de calor



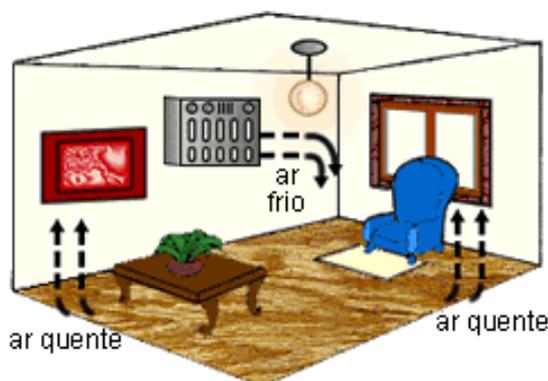
Fonte: Toda Matéria (<https://www.todamateria.com.br/equilibrio-termico/> , acessado em fevereiro de 2023)

Figura 6 – Correntes de convecção no aquecimento da água



Fonte: Quero Bolsa (<https://querobolsa.com.br/enem/fisica/conducao-conveccao-e-radiacao>, acessado em fevereiro de 2023)

Figura 7 – Convecção Térmica

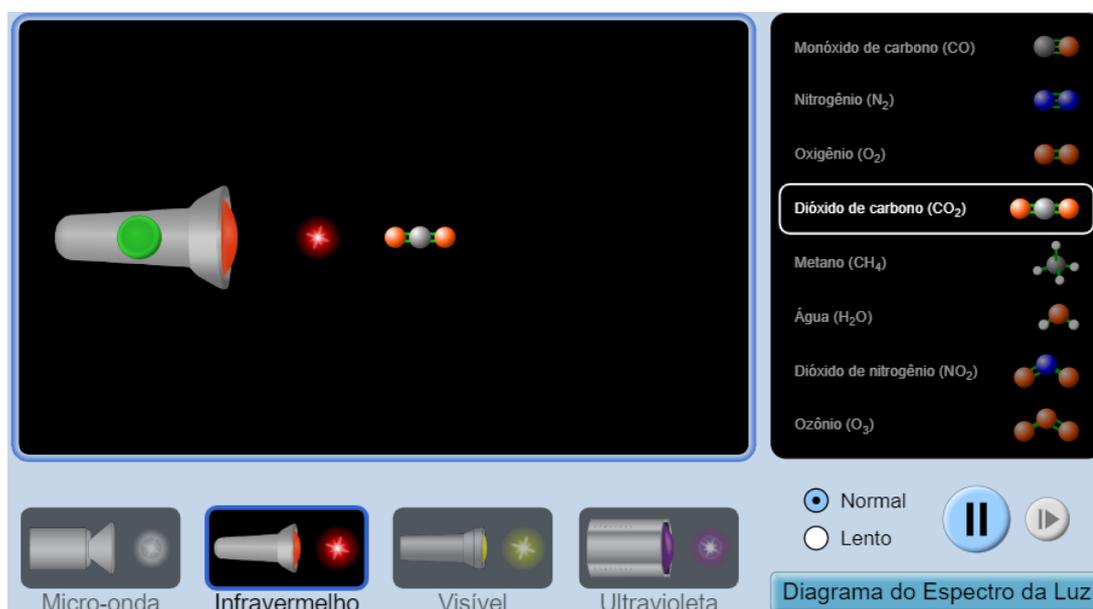


Fonte: Unisul (<https://fenomenosdetransporte2unisul.wordpress.com/2013/03/10/>, acessado em fevereiro de 2023)

Para o estudo da radiação ainda pode ser utilizado um simulador nomeado “Moléculas e Luz”, que mostra o comportamento de algumas moléculas ao interagir com alguns tipos de radiação.

Uma captura de tela do simulador está abaixo:

Figura 8 – Moléculas e Luz



Fonte: Phet (https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_all.html?locale=pt_BR, acessado em fevereiro de 2023)

Durante a apresentação das simulações, deve ser feito pelo professor-pesquisador um movimento de retomada do texto. Esse movimento é para permitir a visualização da situação

como um todo e melhorar o entendimento de suas partes e inter- relações. Este movimento assemelha-se ao descrito por Freire (1987, p.62) em relação a descodificação:

A descodificação da situação existencial provoca esta postura normal, que implica num partir abstratamente até o concreto; que implica numa ida das partes ao todo e numa volta deste às partes, que implica num reconhecimento do sujeito no objeto (a situação existencial concreta) e do objeto como situação em que está o sujeito.

Todos os materiais aqui apresentados, como o texto problematizador, as imagens e as simulações, ainda podem ser substituídos por materiais similares que mantenham as possibilidades pedagógicas das sugestões aqui fornecidas. Em especial, o texto problematizador pode ser confeccionado de forma mais personalizada, de acordo com a realidade de cada turma, de modo que promova melhor o diálogo e tenha mais significado para os estudantes.

Por fim, o último momento deve consistir na escuta dos estudantes sobre o estilo de aula, sobre a agradabilidade da aula, grau de entendimento e influência do tipo de aula no entendimento dos estudantes do conteúdo. Este último momento deve repetir-se em todas as aulas seguintes. Essa escuta é de vital importância. Devemos nos lembrar que um dos objetivos dessa sequência é melhorar a participação dos estudantes, e, portanto, o canal de diálogo para que os eles forneçam sugestões, críticas e elogios deve estar constantemente e sinceramente aberto.

AULA III – Inter-Relações entre variáveis ambientais relevantes (umidade, ventos e radiação solar) e o ambiente (natural e artificial)

Essa aula deve iniciar com um resumo dos conceitos apresentados na aula anterior. A sugestão é que seja montado um slide ou um esquema no quadro pelo professor para facilitar a visualização pelos estudantes. Esse slide ou esquema deve ser atualizado a cada aula, na medida que o professor e os estudantes vão avançando com os conteúdos.

A motivação de iniciar com esse resumo veio da percepção do professor da necessidade de fornecer subsídios conceituais já trabalhados pelos estudantes na aula anterior, visando enriquecer a problematização das situações de textos problematizadores que ainda seriam tratados. Também cumpre a função de sistematizar a situação-problema da aula anterior, já que optou-se por um texto que evidenciasse as complexidades de uma situação real, e deste

modo é necessário nos momentos oportunos simplificar a situação já trabalhada. Esse movimento, de deixar a situação mais complexa até certo ponto e a simplificar em certo momento, vai de encontro ao relato de Freire (1987, p.69) em relação a codificação:

Igualmente fundamental para a sua preparação é a condição de não poderem ter as codificações, de um lado, seu núcleo temático demasiado explícito; de outro, demasiado enigmático. No primeiro caso, correm o risco de transformar-se em codificações propagandísticas, em face das quais os indivíduos não têm outra descodificação a fazer, senão a que se acha implícita nelas, de forma dirigida. No segundo, o risco de fazer-se um jogo de adivinhação ou “quebra-cabeça”

Posteriormente, utilize dois novos textos problematizadores descrevendo uma situação-problema. Dê um tempo para os estudantes fazerem a leitura e convide-os a pensar sobre como estaria a sensação térmica de uma pessoa no ambiente descrito. A construção dos textos problematizadores deve se basear nas falas dos estudantes, em consonância com as intenções de ensino do professor e visando que os estudantes se vejam nas situações relatadas nos textos. O primeiro texto apresentado foi o seguinte:

“Em um quintal o solo é escuro e úmido e há também a presença de muitas árvores, uma pessoa está sentada embaixo de uma destas árvores e entre as folhas passam alguns raios solares que chegam até a pessoa e o dia está bastante ensolarado e não há ventos.”

Em relação a este texto, pode ser interessante torná-lo menos conciso e fornecer pelo menos mais um elemento que forneça uma resposta mais explícita sobre a sensação térmica. Na minha experiência de aplicação, houve uma maior dificuldade dos estudantes em dizer se a pessoa estaria com uma sensação térmica de frio ou calor. Observe a reação dos estudantes, e, se achar necessário, realize a mudança sugerida.

Na sequência deve ser apresentado um segundo texto problematizador:

“Dentro da casa está uma segunda pessoa na sala de estar, as paredes da casa são relativamente finas e externamente são pintadas de um azul bem escuro e internamente tanto as paredes quanto o teto são brancos. O chão é feito de granito, a janela é feita com contornos de ferro e está parcialmente aberta, ao contrário do quintal existe bastante ventilação na sala.”

Os textos problematizadores descrevem situações nas quais várias fatores interagem simultaneamente entre si e, com a pessoa gerando uma determinada sensação térmica. Optou-

se novamente por textos que evidenciem as complexidades de uma situação real, para evitar que o texto levasse a uma única resposta possível, não idealizada demasiadamente mas respeitando a necessidade de não ser indecifrável.

Se no texto da aula anterior o foco era nas inter-relações dos mecanismos de transmissão de calor com os fatores ambientais, nestes textos, focou-se na interação dos elementos de um ambiente artificial de uma casa como suas paredes, teto, janelas...com os fatores ambientais. O objetivo foi o de deslocar o olhar dos estudantes sobre as condições de suas próprias moradias, locais de estudo, lazer e trabalho.

Posteriormente ao tempo de leitura dos estudantes, o professor deve conduzir com eles uma reflexão crítica conjunta de cada uma das frases dos textos problematizadores e com isso esmiuçar a presença dos conceitos científicos presentes.

Na sequência dessa aula, o professor deve ensinar como os fatores ambientais relevantes na determinação da sensação térmica interagem com o ambiente, contribuindo para uma sensação térmica de mais frio ou uma sensação térmica de mais calor. Ensine sobre as fontes de calor de um ambiente, os fenômenos de absorção, reflexão e transmissão de luz, o calor específico dos materiais, condutividade térmica dos materiais, a radiação solar direta e difusa e a importância da água na determinação da sensação térmica ambiental. O professor deve abordar com os estudantes como os elementos constitutivos de um ambiente natural ou artificial contribuem para a sensação térmica, aborde os seguintes elementos: paredes, teto, chão, janelas, vegetação e corpos d'água.

Realize novamente o movimento de ao final da aula retomar os textos problematizadores e, busque a comunicação dele com os conceitos discutidos e ensinados, também com o intuito de melhorar a percepção dos estudantes sobre o todo, sobre a situação global descrita e agora com mais elementos conceituais para facilitar a percepção

AULA IV – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e variáveis climáticas relevantes (umidade, ventos e radiação).

Nesta quarta aula, inverta a dinâmica da aula. As duas aulas anteriores foram iniciadas com a análise dos textos problematizadores, nesta aula o professor deve iniciar com o ensino dos

conceitos, embora, mantendo a dialogicidade e reflexão crítica nesta exposição do conteúdo.

A inversão é por conta de três motivos: I) Diversificar do estilo das aulas para que a sequência de aulas não se torne monótona e repetitiva e com isso desmotive os estudantes. II) Nesta aula serão apresentados mais uma série de conceitos, e com isso a situação problema do texto problematizador pode ficar complexa em demasia. III) Será realizada nessa aula a construção coletiva e em tempo real com os estudantes de um texto problematizador. Portanto, é necessário fornecer conteúdos para que os estudantes possam utilizá-los na escrita, caso exista o interesse por parte deles.

Mantenha nessa aula o fato de se iniciar com um slide montado ou esquema no quadro, com um resumo atualizado dos conceitos apresentados na aula anterior. Na sequência, o professor deve realizar um momento de escuta dos estudantes acerca da ideia que eles têm dos conceitos de Sensação Térmica e Conforto Térmico, já que, apesar de eles já estarem sendo utilizados tanto pelo professor quanto pelos estudantes desde a Aula I, até esse momento as definições desses conceitos ainda não foram enunciadas.

Para focar nas relações do corpo humano com o conforto térmico, utilize o slide nomeado “Aula 2 – Conforto Térmico”⁸ da disciplina Desempenho Térmico de Edificações do Curso de Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ministrada pelo professor Roberto Lamberts. Neste material, é apresentada uma definição de Sensação Térmica dada pela *American Societ of Heating, Refrigeration and Air Condiotioning Engineers*) (ASHRAE,) muito utilizada na Arquitetura, que enuncia as variáveis humanas e ambientais do conforto térmico como a atividade desempenhada pela pessoa, os mecanismos termorreguladores do corpo humano e o papel da vestimenta.

Ainda no slide sobre conforto térmico consta uma fórmula de cálculo da sensação térmica chamada “voto médio predito” ou PMV. A fórmula consta abaixo:

⁸ Disponível em <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV%205161%20Aula%202%20-%20Conforto%20termico.pdf>, acesso em fevereiro de 2023.

Figura 9 – Fórmula de voto médio previsto

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

Onde:

M = Taxa metabólica, em W/m²,W = Trabalho mecânico, em W/m², sendo nulo para a maioria das atividades,Icl = Resistência térmica das roupas, em m².°C/W,

fcl = Razão entre a área superficial do corpo vestido, pela área do corpo nú,

ta = Temperatura do ar, em °C,

tr = Temperatura radiante média, em °C,

var = Velocidade relativa do ar, em m/s,

pa = Pressão parcial do vapor de água, em Pa,

hc = Coeficiente de transferência de calor por convecção, em W/m².°C,

tcl = Temperatura superficial das roupas, em °C.

Pode ser obtida a partir do MET
(1MET=58,2W/m²)Pode ser obtida a partir do CLO
(1CLO=0,155m².C/W)

Fonte: Desempenho Térmico de Edificações

Nessa complexa e deslegante fórmula constam as diversas inter-relações estudadas em todas as quatro aulas até então quantificadas. Caso seja necessário, mostre aos estudantes essa fórmula para demonstrar que, embora a determinação da sensação térmica possa ser complexa e subjetiva, existem formas de deixá-la mais objetiva com o uso de calculadoras de sensação térmica e fórmulas matemáticas. No entanto, o professor não deve utilizar a fórmula nessa sequência de aulas, já que a ideia é evitar a matematização do assunto.

Na sequência o professor deve apresentar uma problematização por meio de imagens de povos que vivem no deserto. As roupas mostradas são roupas muito longas que cobrem todo o corpo, com exceção dos olhos e parte dos pés, muitas vezes escuras e em todas as vezes muito largas embaixo. Utilize as imagens abaixo:

Figura 10 – Mulher beduína

Fonte: Deposit Photos (<https://br.pinterest.com/nerinecarvalho/beduinos/>)

Figura 11 – Homem beduíno



Fonte: Pinterest (<https://br.pinterest.com/nerinecarvalho/beduinos/>. acesso em fevereiro de 2023)

Questione os estudantes sobre o motivo da utilização desse tipo de roupa nessa população, explicita a eles que o uso não se dá por motivos necessariamente culturais e/ou religiosos.

Por fim, o professor deve realizar com os estudantes a confecção coletiva de um texto problematizador. Convide os estudantes a construir um texto problematizador que possa ser utilizado futuramente com outros estudantes, a fim de instigá-los a pensar sobre as inter-relações entre o corpo humano e o ambiente, seja ele natural, como desertos e outros biomas, ou dentro de moradias e demais prédios com o foco nas variáveis climáticas desses ambientes.

Em uma turma regular, a participação dos estudantes será restrita, provavelmente somente um número reduzido de estudantes conseguirá dialogar com o professor durante a confecção do texto problematizador. Por isso, após a confecção de um primeiro texto junto com toda a turma, o professor deve pedir que os estudantes confeccionem os próprios textos em grupos menores e com o pedido de que expliquem para a turma posteriormente como foi o momento da confecção e de diálogo dentro de cada grupo

O texto construído coletivamente dentro da minha aplicação da sequência foi o seguinte:

“Um turista viajou para o Egito e foi visitar as pirâmides no deserto, um guia turístico instruiu o visitante a utilizar uma roupa de lã num tom azul escuro. O turista se indignou com a sugestão e se recusou inicialmente a usar esse tipo de roupa, decidiu usar uma camiseta de seda clara e chinelos de borracha. O turista teve uma insolação, teve fortes sensações de calor e muita ardência na pele. Após um dia no hospital e de ter se recuperado ele aceitou a sugestão dos guias. “

O texto acima confeccionado foi parcialmente hipotético e parcialmente baseado na experiência dos estudantes, eles relataram ao longo de toda a pesquisa situações que eles passaram em viagens para lugares dentro do Brasil. Recomenda-se que o professor instigue que os estudantes utilizem suas vivências na confecção dos textos, mas caso descrevam uma situação totalmente hipotética também não é um problema pois eles estarão também exercitando o uso dos conceitos físicos em situações mais comuns do mundo real do que uma aplicação direta e sem contexto algum dos conceitos, como acontece em alguns momentos em livros-texto.

AULA V – Inter-Relações entre o corpo humano (pele, metabolismo, vestimenta, atividade física....) e o ambiente (natural e artificial)

Nesta quinta aula, o professor deve manter o movimento de, primeiramente fornecer explicações dos conceitos, de modo dialógico e crítico, e posteriormente aumentar os momentos de problematização com os estudantes durante a confecção de um segundo texto problematizador coletivo.

Mantenha nessa aula o fato de se iniciar com um resumo dos conceitos apresentados na aula anterior. Atualize o resumo com os conteúdos da Aula IV. O professor deve questionar os estudantes, no início da aula, sobre o entendimento que eles tem em relação ao conceito de metabolismo. O professor deve realizar a apresentação de cálculos de calor absorvido em uma elevação de temperatura e numa mudança de fase, para justificar a grande eficiência do suor como mecanismo de diminuição da temperatura da pele:

Exemplo – Quando a pele perde via suor 0,5 l de água há uma perda de 270 mil calorias de energia, com essa mesma energia daria para aumentar 2,7 litros de água em 100°C

Esses cálculos devem ter valor demonstrativo, não assumindo grande importância na sequência desta ou das demais aulas.

Na sequência, o professor deve dar aos estudantes um certo tempo e liberdade para utilizarem uma calculadora online chamada “ Calcule o índice de calor e a sensação térmica” disponibilizada em um site do Governo de Santa Catarina⁹. Abaixo está uma captura de tela dessas calculadoras:

⁹ <https://circam.epagri.sc.gov.br/index.php/indice-de-calor-e-sensacao-termica/>, acesso em fevereiro de 2023

Calcule o índice de calor e a sensação térmica

Índice de calor

O índice de calor ou heat index, em inglês, é a temperatura sentida devido a combinação entre a temperatura aparente do ar e a umidade relativa do ar.

Temperatura °C	<input type="text"/>
Umidade Relativa (%)	<input type="text"/>
<input type="button" value="Calcular"/>	

Fonte: NOAA

Sensação térmica

Sensação térmica ou wind chill, em inglês, é a temperatura aparente sentida pela pele exposta, em virtude da combinação entre temperatura do ar e velocidade do vento.

Temperatura °C	<input type="text"/>
Velocidade do Vento (Km/h)	<input type="text"/>
<input type="button" value="Calcular"/>	

Fonte: Só Física | INMET

Com este uso, os estudantes podem tentar prever os valores de sensação entregues tanto pelo “Índice de Calor” que considera a Temperatura (°C) e a Umidade Relativa (%) quanto o nomeado “Sensação Térmica” que utiliza valores de Temperatura (°C) e Velocidade do Vento (Km/h). Os valores a serem inseridos nas calculadoras podem ser consultados de hora em hora em site especializado em meteorologia. Caso não seja possível realizar essa atividade em sala, por meio de computadores ou celulares, passe essa atividade como uma atividade em casa e solicite aos estudantes que relatem na aula seguinte as suas impressões.

Na utilização da calculadora “Sensação Térmica”, uma boa a se utilizar para a velocidade dos ventos é a Escala de Beaufort¹⁰ que classifica os ventos. Abaixo está uma captura de tela de uma tabela gerada com base nessa escala:

¹⁰ <https://www3.santoandre.sp.gov.br/defesacivil/escala-de-beaufort/>, acesso em fevereiro de 2023

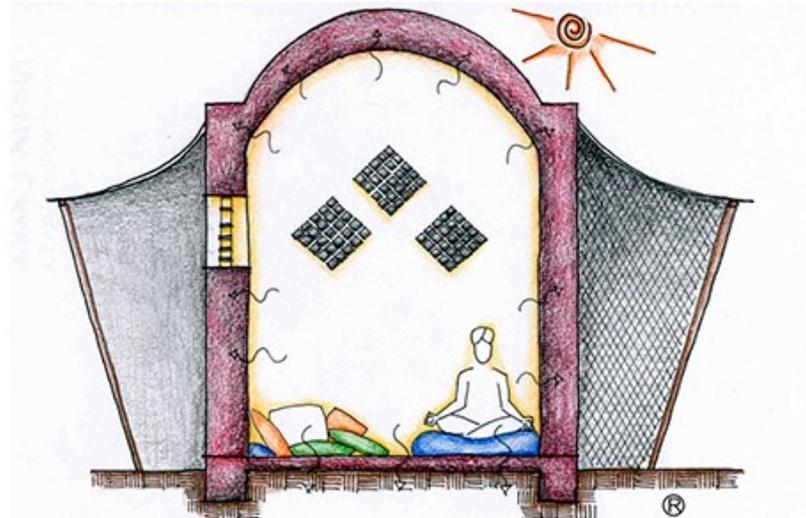
Grau	Designação	m/s	km/h	Efeitos em terra
0	<i>Calmo</i>	<0,3	<1	Fumaça sobe na vertical
1	<i>Aragem</i>	0,3 a 1,5	1 a 5	Fumaça indica direção do vento
2	<i>Brisa leve</i>	1,6 a 3,3	6 a 11	As folhas das árvores movem; os moinhos começam a trabalhar
3	<i>Brisa fraca</i>	3,4 a 5,4	12 a 19	As folhas agitam-se e as bandeiras desfraldam ao vento
4	<i>Brisa moderada</i>	5,5 a 7,9	20 a 28	Poeira e pequenos papéis levantados; movem-se os galhos das árvores
5	<i>Brisa forte</i>	8 a 10,7	29 a 38	Movimentação de grandes galhos e árvores pequenas
6	<i>Vento fresco</i>	10,8 a 13,8	39 a 49	Movem-se os ramos das árvores; dificuldade em manter um guarda chuva aberto; assobio em fios de postes
7	<i>Vento forte</i>	13,9 a 17,1	50 a 61	Movem-se as árvores grandes; dificuldade em andar contra o vento
8	<i>Ventania</i>	17,2 a 20,7	62 a 74	Quebram-se galhos de árvores; dificuldade em andar contra o vento; barcos permanecem nos portos
9	<i>Ventania forte</i>	20,8 a 24,4	75 a 88	Danos em árvores e pequenas construções; impossível andar contra o vento
10	<i>Tempestade</i>	24,5 a 28,4	89 a 102	Árvores arrancadas; danos estruturais em construções
11	<i>Tempestade violenta</i>	28,5 a 32,6	103 a 117	Estragos generalizados em construções
12	<i>Furacão</i>	>32,7	>118	Estragos graves e generalizados em construções

Por fim, apresente aos estudantes alguns arranjos de construção de casa nos quais os conceitos físicos discutidos com os estudantes em todas aulas são necessários ao entendimento. Tais arranjos estão disponíveis no site do Ministério de Minas, na área do Projetando Edificações Energeticamente Eficientes – Projeteec¹¹. Neste site, há uma série de arranjos residenciais que privilegiam algumas características das habitações sempre buscando um conforto térmico. Esse momento da aula deve ser utilizado para servir de exemplo para a sequência da aula, na

¹¹ <http://www.mme.gov.br/projeteec/implementacao/envelope-de-alta-inercia-termica/>, acesso em fevereiro de 2023

qual os estudantes construirão um texto coletivo. Foque, em particular, no arranjo nomeado “Envelope de Alta inércia térmica”. Abaixo está uma captura de tela deste arranjo:

ENVELOPE DE ALTA INÉRCIA TÉRMICA



Para finalizar essa aula, o professor deve propor uma nova construção coletiva de um texto problematizador. Desta vez o texto deve ser focado nas inter-Relações entre o corpo e o ambiente .A construção de textos coletivas é muito rica, pois os estudantes mostram em tempo real seus pensamentos e estratégias de construção da narrativa do texto

O texto coletivo construído em minha aplicação da sequência foi o seguinte:

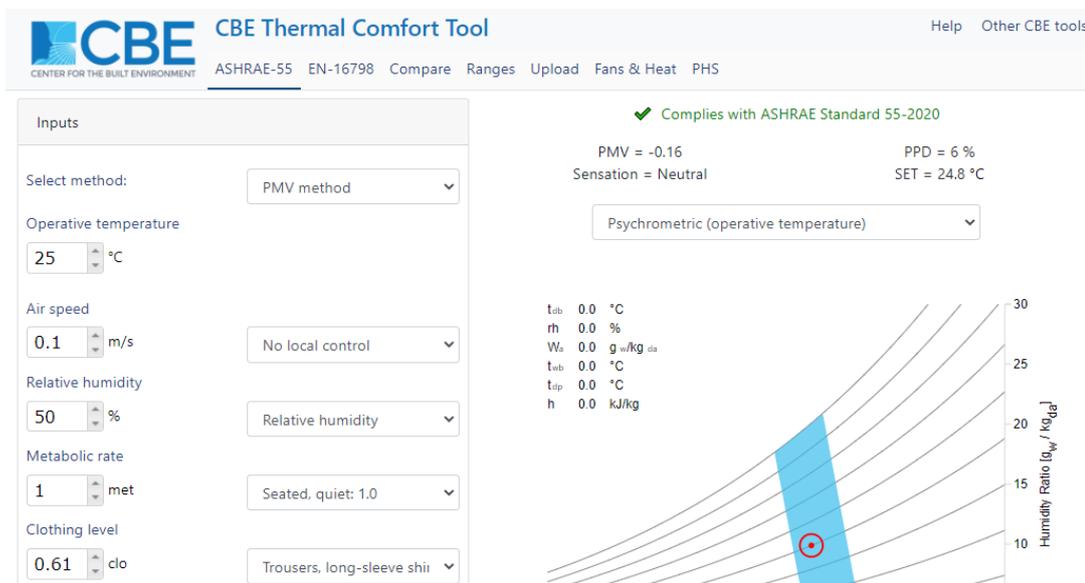
“Uma pessoa está sentada assistindo a um filme de cachorro na televisão, está vestindo um short curto e uma camiseta cavada. A sala tem uma porta que dá para o quintal, a porta está aberta e no quintal está ventando uma brisa leve. A janela da sala está aberta permitindo a entrada de bastante luz solar, as paredes finas são de concreto e decoradas do lado de fora com uma camada fina de pedras e um chão de granito. O dia está relativamente úmido. “

As mesmas considerações acerca deste momento feitas na Aula IV são válidas aqui.

AULA VI – Construindo, Avaliando e Usando o *Check List* de Sensação Térmica

A sexta e última aula deve ser iniciada com a apresentação da ferramenta CBE *Thermal*

*Comfort Tool*¹², uma ferramenta da Universidade de Berkeley baseada na norma técnica ASHRAE-55, que indica faixas consideradas de conforto térmico quando uma pessoa está submetida a certas condições de temperatura, velocidade do vento, umidade relativa, taxa metabólica e tipo de vestimenta utilizada. Abaixo está uma captura de tela da ferramenta:



Os motivos de mostrar essa ferramenta são: I) Reiterar que existem modos mais objetivos de se determinar a Sensação Térmica, II) Fornecer parâmetros de comparação para que os estudantes pensem sobre o *check list* que será construído coletivamente nesta aula. Caso não seja possível a utilização dessa ferramenta em sala, o professor pode apresentar os parâmetros utilizados e se há conforto térmico nessas condições.

Baseado em todas as aulas precedentes, o professor deve enunciar os quinze fatores considerados relevantes nesta determinação. Esses fatores serão classificados por eles como Principal, Secundário (Depende) ou Secundário, e para essa decisão acontecer, o professor deve realizar uma discussão com os estudantes sobre a relevância de cada um dos fatores.

Essa classificação pode ser feita no preenchimento da tabela abaixo:

Quadro 1 – Fatores relevantes para a Sensação Térmica.

Fator	Classificação
Radiação Solar	
Umidade	

¹² <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>, acesso em fevereiro de 2023.

Fator	Classificação
Metabolismo/Atividade Física	
Vestimenta (Roupas)	
Ventilação Natural	
Ventilador	
Iluminação Artificial	
Rios, Lagos, Córregos e Piscina	
Presença de Árvores	
Vegetação no Solo	
Cores das Paredes Externas	
Cores das Paredes Internas	
Presença de Móveis e Seres Vivos	
Espessura das Paredes	
Condutividade Térmica e Inércia Térmica de paredes, teto e chão	

Fonte: Elaboração própria.

Na sequência, apresente aos estudantes uma simulação de valores utilizando as calculadoras “Índice de calor” e “Sensação Térmica”, que foram apresentadas aos estudantes na aula anterior. Nele, foi demonstrado aos estudantes como os casos extremos de umidade (0% e 100%), valor médio (50%) e o valor da umidade do dia do estudo (70%) geravam sensações térmicas diferentes, dependendo da temperatura ou faixa de temperaturas estudadas.

O mesmo foi feito com a velocidade do vento, sendo os valores utilizados os de 6,9 km/h, 8,9 km/h, 11,2 km/h e 14 km/h. Esses valores não foram arbitrários e basearam-se em valores de médias específicas para a cidade de Belo Horizonte disponíveis em sites de meteorologia e também na Escala de Beaufort, que categoriza os ventos de acordo com suas velocidade.

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 100% de Umidade:

De 2°C a 8°C → Diminuir 1°C na sensação térmica.

De 9°C a 18°C → Umidade não interfere na sensação.

De 19° a 24° C → Aumentar 1°C na sensação térmica

26°C → Aumentar 2°C na sensação térmica

27 °C → Aumentar 6°C na sensação térmica

28 °C → Aumentar 8°C na sensação térmica

29° C → Aumentar 10°C na sensação térmica

30 ° C → Aumentar 14°C na sensação térmica

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 70% de Umidade:

De 1°C a 6°C → Diminuir 2°C na sensação térmica.

De 7° a 16° C → Diminuir 1°C na sensação térmica

De 17°C a 25°C → Umidade não interfere na sensação.

26°C → Aumentar 1°C na sensação térmica

27 °C → Aumentar 2°C na sensação térmica

28 °C → Aumentar 3°C na sensação térmica

29° C → Aumentar 4°C na sensação térmica

30 ° C → Aumentar 5°C na sensação térmica

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 50% de Umidade:

De 2°C a 11°C → Diminuir 2°C na sensação térmica.

De 12° a 20° C → Diminuir 1°C na sensação térmica

De 21°C a 28°C → Umidade não interfere na sensação.

De 29°C e 30°C → Aumentar em 1°C na sensação térmica.

De 31° C e 32° C → Aumentar em 2°C na sensação térmica

33°, 34 e 35 °C → Aumentar em 3°,4 e 6°C a sensação térmica

ESTUDOS DE UMIDADE USANDO O *Heat Index*

- Com 0% de Umidade:

De 1°C a 4°C, 33°C a 35°C → Diminuir 4°C na sensação térmica.

De 5° a 14° e 30°C a 32°C → Diminuir 3°C na sensação térmica

De 15°C a 24°C e 28 °C e 29°C → Diminuir 2°C na sensação térmica

De 25°C a 27°C → Diminuir em 1°C na sensação térmica.

33°, 34 e 35 °C → Diminuir em 3°,4 e 6°C a sensação térmica

ESTUDOS DE VENTILAÇÃO USANDO O *Wind Chill*

. Ventos de 6,9 km/h

De 1°C a 3°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica.

A partir de 4°C → Não altera sensivelmente a sensação.

. Ventos de 8,9 km/h

De 1°C a 13°C → Diminuir 2°C a sensação térmica

De 14°C a 26°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica

A partir de 27°C → Não altera sensivelmente a sensação

ESTUDOS DE VENTILAÇÃO USANDO O *Wind Chill*

. Ventos de 11,2 km/h

De 2°C a 7°C → Diminuir em 4°C a sensação térmica.

De 8°C a 14°C → Diminuir em 3°C a sensação térmica.

De 15°C a 21°C → Diminuir em 2°C a sensação térmica.

De 22°C a 29°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica.

A partir de 30°C → Não há alteração sensível na sensação.

ESTUDOS DE VENTILAÇÃO USANDO O *Wind Chill*

. Ventos de 14 km/h

De 1°C a 4°C → Diminuir em 6°C a sensação térmica.
 De 5°C a 9°C → Diminuir em 5°C a sensação térmica.
 De 10°C a 15°C → Diminuir em 4°C a sensação térmica.
 De 16°C a 20°C → Diminuir em 3°C a sensação térmica.
 De 21°C a 25°C → Diminuir em 2°C a sensação térmica.
 De 26°C a 30°C → Diminuir em 1°C a sensação térmica.
 A partir de 31°C → Não há alteração sensível na sensação.

A intenção de mostrar os resultados dessa simulação de valores é o de oferecer parâmetros mais concretos, e amparados em dados reais para que os estudantes atribuíssem na próxima etapa desta aula valores a cada um dos quinze fatores.

Posteriormente, após classificar os quinze fatores como principais, secundários (depende) ou secundários, em minha aplicação da sequência, foi a vez de discutir com os estudantes a criação de categorias dentro de cada um dos quinze fatores. O professor-pesquisador combinou com os estudantes que deveríamos categorizar partindo da premissa de que os futuros utilizadores do *check list* não teriam necessariamente a oportunidade pesquisar de forma exata alguns fatores, como por exemplo a velocidade do vento e, portanto sendo necessário formas de contornar essa falta de dados numéricos com expressões como “Árvores inclinando-se com o vento” ou “ Galhos e Folhas Agitados”, que indicam diferentes velocidades do vento no momento. Todas as expressões utilizadas tentam expressar percepções sensoriais das pessoas, sejam elas visuais ou de tato.

No quadro abaixo constam todas as categorias criadas pelos estudantes em conjunto com o professor-pesquisador, cada um dos fatores apresenta uma ou mais categorias:

Quadro 2 – Categorias relevantes para a Sensação Térmica.

Fator	Categoria	Classificação
Radiação Solar	Muito Ensolarado	Principal
	Ensolarado	
	Pouco ensolarado	
	Sombra	
	Nenhuma insolação (Noite)	
Umidade	Muito abafado	Principal
	Abafado	
	Sem reação	
	Garganta/Nariz ressecado	
	Garganta/Nariz muito ressecados	
Atividades Físicas	Intensas (Correr, subir escadas, esportes)	Principal
	Moderadas (Caminhar, limpar a casa)	
	Leves (Fazer compras, parado em pé)	
	Sem movimento(sentar, assistir televisão)	
Roupa	Curta(Regata, <i>shorts</i> , saia, camiseta)	Principal
	Média(Bermuda, vestido, manga curta)	
	Longa(calça, vestido longo, blusa de frio)	
	Grossa (Lã, moletom)	
	Moderadamente fina (algodão, poliéster)	
	Finas	
	Escuras	
Claras		
Ventos	Fortes (árvores inteiras se inclinando)	Principal
	Médios (galhos e folhas agitados)	
	Fracos (folhas levemente agitadas)	
	Ausência de ventos	
Ventilador	Potente	Secundário(Depende)
	Convencionais/ Populares	
	Pequenos/ De mesa	
Lâmpadas	Incandescentes	Secundário
	Fluorescentes ou Led.	
Corpos d'água	Grandes (Lagos, Rios e Oceanos)	Secundário(Depende)
	Pequenos (Córregos, poços e piscinas)	
	Nenhum	
Árvores	Muitas (Bosque, mata, floresta, pomar)	Secundário(Depende)
	Poucas (Jardins, arbustos)	
	Nenhuma	

Fator	Categoria	Classificação
Cobertura vegetal do solo	Muita (totalmente, quase totalmente)	Secundário
	Pouca (parcialmente ou nenhuma)	
Cores das paredes externas	Pretas	Secundário(Depende)
	Escuras	
	Claras ou brancas	
Cores das paredes internas	Pretas	Secundário
	Escuras, claras ou brancas	
Presença de móveis e seres vivos	Ambiente aglomerado	Secundário(Depende)
	Ambiente não aglomerado	
Espessura das paredes	Grossas	Secundário
	Normais	
Condutividade térmica e inércia térmica das paredes, teto e chão	Bons condutores (concreto, pedras, blocos de terra, tijolos de concreto)	Secundário
	Maus condutores (cimento, cerâmicas, madeira, papelão, tijolo maciço)	

O professor deve criar com os seus estudantes as suas próprias categorias, fruto de discussão em sala de aula e preencha a tabela acima.

Após essa etapa das categorizações, deve vir a etapa de atribuir valores numéricos a cada uma das categorias dentro dos quinze fatores junto aos estudantes. Em minha aplicação, os valores numéricos atribuídos pelos estudantes para os fatores principais foram maiores, para fatores considerados secundários (depende) foram intermediários e para fatores considerados secundários foram menores, inclusive o valor de zero foi possível em algumas situações. Sendo que os fatores que contribuíssem para um aumento na sensação térmica eram somados o devido valor atribuído, enquanto que os que contribuíssem para uma diminuição eram subtraídos.

Para ajudar na determinação dos valores, foram utilizados materiais como o Normais Climatológicas do Brasil¹³ e dados da velocidade do vento para Belo Horizonte¹⁴, que utiliza modelos matemáticos para simular os valores citados e que é utilizado em estudos da área.

¹³ Período 1981-2010 - Umidade Relativa do Ar Média Horária Mensal e Anual - Belo Horizonte - <https://portal.inmet.gov.br/normais> - acesso em fevereiro de 2023.

No *check-list*, foi incluída uma equação simples baseada em somas e subtrações ao valor de 22°C. Esse valor foi obtido por meio do material “Histórico da Previsão do Tempo para BH – MG - Temperaturas Médias Aeroporto Carlos Prates (SBPR) e Temperaturas Médias Aeroporto Pampulha (SBBH)” e, com base neste material utilizando os valores de média, médias máximas e mínimas máximas de temperatura em Belo Horizonte (cidade dos estudantes) para o ano de 2022. A equação utilizada foi a seguinte:

Sensação Térmica (°C) = 22 + Radiação Solar + Umidade + Atividades Físicas + Roupas + Ventos + Ventilador + Lâmpadas ± Corpos D’água+ Árvores + Cobertura Vegetal do Solo + Cores das Paredes Externas + Cores das Paredes Internas + Presença de Móveis e Seres Vivos ± Espessura das paredes ± Condutividade e Inércia Térmica

O professor deve consultar materiais que tenham informações da sua própria cidade e atualizados para o ano em que haverá a aplicação. A discussão sobre realizar a soma ou a subtração também deve ser realizada com os estudantes.

O professor deve preencher a tabela abaixo após discutir com os estudantes os valores que devem ser atribuídos a cada uma das categorias.

Quadro 4 – Valores atribuídos às categorias.

Fator	Categoria	Valor atribuído
Radiação Solar	Muito Ensolarado	
	Ensolarado	
	Pouco ensolarado	
	Sombra	
	Nenhuma insolação (Noite)	
Umidade	Muito abafado	
	Abafado	
	Sem reação	
	Garganta/Nariz ressecado	
	Garganta/Nariz muito ressecados	
Atividades Físicas	Intensas (Correr, subir escadas, esportes)	
	Moderadas (Caminhar, limpar a casa)	
	Leves (Fazer compras, parado em pé)	

¹⁴ Dados históricos simulados de clima e tempo para Belo Horizonte - Velocidade do Vento - https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/climatemodelled/belo-horizonte_brasil_3470127 - acesso em fevereiro de 2023.

Fator	Categoria	Valor atribuído
	Sem movimento(sentar, assistir televisão)	
Roupa	Curta(Regata, <i>shorts</i> , saia, camiseta)	
	Média(Bermuda, vestido, manga curta)	
	Longa(calça, vestido longo, blusa de frio)	
	Grossa (Lã, moletom)	
	Moderadamente fina (algodão, poliéster)	
	Finas	
	Escuras	
Ventilador	Claras	
	Potente	
	Convencionais/ Populares	
Lâmpadas	Pequenos/ De mesa	
	Incandescentes	
Corpos d'água	Fluorescentes ou Led.	
	Grandes (Lagos, Rios e Oceanos)	
	Pequenos (Córregos, poços e piscinas)	
Árvores	Nenhum	
	Muitas (Bosque, mata, floresta, pomar)	
	Poucas (Jardins, arbustos)	
Cobertura vegetal do solo	Nenhuma	
	Muita (totalmente, quase totalmente)	
Cores das paredes externas	Pouca (parcialmente ou nenhuma)	
	Pretas	
	Escuras	
Cores das paredes internas	Claras ou brancas	
	Pretas	
Ventos	Escuras, claras ou brancas	
	Fortes (árvores inteiras se inclinando)	
	Médios (galhos e folhas agitados)	
	Fracos (folhas levemente agitadas)	
Presença de móveis e seres vivos	Ausência de ventos	
	Ambiente aglomerado	
Espessura das paredes	Ambiente não aglomerado	
	Grossas	
	Normais	

Fator	Categoria	Valor atribuído
Condutividade térmica e inércia térmica das paredes, teto e chão	Bons condutores (concreto, pedras, blocos de terra, tijolos de concreto)	
	Maus condutores (cimento, cerâmicas, madeira, papelão, tijolo maciço)	

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, para aferir a qualidade da fórmula construída via check-list, o professor deve promover a utilização do *check list* pelo maior número de estudantes possível e posteriormente comparar os valores obtidos com as sensações térmicas relatadas.

Esta última aula deve ser realizada com mais calma que as demais, todas as decisões devem ser tomadas em conjunto, após discussões com os estudantes, já que toda a sequência e os conceitos ensinados tem a finalidade de chegar até este momento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 17ª edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. 129p.

FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico : arquitetura, urbanismo**. 5. ed. São Paulo : Studio Nobel, 2001. 224 p.