



PROJETO DE GRADUAÇÃO

METODOLOGIA KANSEI APLICADA A SISTEMAS DE AR-CONDICIONADO

Por,
Vithor Hugo Costa da Silva

Brasília, 30 de novembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**METODOLOGIA KANSEI APLICADA A
SISTEMAS DE AR-CONDICIONADO**

POR,

Vithor Hugo Costa da Silva

Relatório submetido como requisito para obtenção
do grau de Engenheiro Mecânico.

Banca Examinadora

Prof. João M. D. Pimenta, UnB/ ENM (Orientador)

Prof. Mario Benjamim Baptista de Siqueira, UnB/ ENM

Prof. José Maurício Santos Torres da Motta, UnB/ ENM

Brasília, 30 de novembro de 2016

*Todo o segredo da arte talvez não seja saber ordenar
as emoções desordenadas, mas ordená-las
de tal modo que se faça sentir
ainda melhor a desordem.*

Charles Ramuz

Agradecimentos

Agradeço imensamente a todo aprendizado que eu tive ao longo da vida, permeado por diversas dificuldades e oportunidades. Agradeço aos meus amigos que sempre me apoiaram, especialmente quanto à temática do meu Projeto de Graduação, que por alguns foi vista como impossível de ser abordada na Engenharia Mecânica. Ainda devido o mesmo motivo, agradeço ao professor João Manoel Dias Pimenta por seu apoio e por confiar na minha ideia para o projeto, acreditando que vale a pena arriscar no novo e divulgar isso no meio acadêmico. Agradeço pela oportunidade que tive de fazer intercâmbio no Japão e ter conhecido o professor Tomonaga Okabe, a partir do qual eu pude conhecer pela primeira vez o princípio Kansei, e também à professora Anitawati Mohd Lokman por seu apoio e correções quanto aos conceitos de Kansei Engineering, questionários e outras fontes de pesquisa que sem ela eu não teria notado.

Por fim, agradeço a todas as outras pessoas que torcem pelo meu futuro, para que eu tenha sucesso tanto na vida profissional, espiritual e pessoal. Em especial à minha mãe, Silvia, por toda sua paciência e por aprender cada dia mais com seus filhos. E, claro, ao meu companheiro, Vicktor Alves, por seu apoio e carinho principalmente nas horas mais difíceis.

Vithor Hugo Costa da Silva

RESUMO

O presente trabalho apresenta pesquisa inicial em Conforto Térmico buscando uma abordagem adaptativa. Associado a isso, a aplicação da Metodologia Kansei *Engineering* como forma de desenvolver melhores soluções de Conforto Térmico baseando-se não somente na percepção fisiológica do ser humano, mas também em suas emoções e na percepção através dos 5 sentidos. Através de questionários e avaliação por Kansei Engineering, obtivemos pontos de grande importância no desenvolvimento de projetos de ar-condicionado para melhor aceitabilidade dos usuários. Os maiores problemas visíveis através da pesquisa de campo foram problemas com umidade do ar, barulho e correntes de ar intensas.

ABSTRACT

This paper presents initial research in Thermal Comfort on an adaptive approach. Associated with this, the application of the Kansei Engineering Methodology as a way to develop better thermal comfort solutions based on not only the physiological perception of the human being, but also in their emotions and perceptions through the five senses. Through questionnaires and their evaluation by Kansei Engineering, we got very important points in the development of air-conditioning projects for better acceptance of the users. The biggest problems visible through the field research were problems with humidity, noise and intense air currents.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O TEMA EM ESTUDO E SUA RELEVÂNCIA	1
1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	10
1.4 METODOLOGIA.....	10
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
2 CONFORTO TÉRMICO	12
2.1 CONFORTO AMBIENTAL.....	12
2.2 CONFORTO TÉRMICO	13
2.2.1 SENTIDOS HUMANOS E TERMO REGULAÇÃO	14
2.2.2 BALANÇO DE CALOR DO CORPO.....	15
2.2.3 CONDIÇÕES DE CONFORTO	21
2.2.4 ÍNDICE PMV	23
2.2.5 ÍNDICE PPD.....	25
2.2.6 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	25
2.3 CONFORTO TÉRMICO ADAPTATIVO.....	27
3 KANSEI ENGINEERING.....	30
3.1 KANSEI	30
3.2 KANSEI ENGINEERING	30
3.3 OS CINCO SENTIDOS	31
3.3.1 TATO.....	32
3.3.2 AUDIÇÃO.....	33
3.3.3 VISÃO	33
3.3.4 OLFATO	34
3.3.5 PALADAR.....	35
3.4 METODOLOGIA KANSEI ENGINEERING.....	35
3.4.1 PROCESSO KANSEI ENGINEERING	36
3.4.2 TIPOS DE KANSEI ENGINEERING.....	37
3.5 ESTUDOS DE CASO	39
3.5.1 REFRIGERADOR SHARP	39
3.5.2 BOEING 787	40
4 METODOLOGIA	43
4.1 VISÃO GERAL	43
4.2 METODOLOGIA UTILIZADA	44
4.2.1 OBJETIVO.....	44
4.2.2 DEFINIÇÕES INICIAIS.....	44
4.2.3 CUIDADOS	46
4.3 QUESTIONÁRIO: PERCEPÇÃO EMOCIONAL	46
4.3.1 DADOS PESSOAIS.....	47
4.3.2 CONFORTO TÉRMICO	47
4.3.3 PERCEPÇÃO DO AR-CONDICIONADO	47
4.4 QUESTIONÁRIO: PERCEPÇÃO SENSORIAL	48
4.4.1 DADOS PESSOAIS.....	48
4.4.2 CONFORTO TÉRMICO E KANSEI <i>CHECK-LIST</i>	48
4.5 MENSURAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS.....	49
4.5.1 TEMPERATURA DE BULBO SECO (DBT) E UMIDADE RELATIVA.....	50
4.5.2 NÍVEL SONORO	50
4.5.3 VELOCIDADE DO AR	51
4.5.4 DISTÂNCIA	51
5 RESULTADOS.....	52
5.1 RESULTADOS DA PERCEPÇÃO EMOCIONAL	52
5.2 RESULTADOS DA PERCEPÇÃO SENSORIAL	57
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
6.1 ANÁLISE EMOCIONAL.....	61
6.2 ANÁLISE SENSORIAL.....	62
6.3 ANÁLISE KANSEI	64

6.3.1	ANÁLISE EMOCIONAL.....	64
6.3.2	ANÁLISE SENSORIAL.....	66
7	PROPOSTA KANSEI.....	70
7.1	SENTIDOS E EMOÇÕES	70
7.1.1	VISUAL.....	70
7.1.2	AUDIÇÃO.....	73
7.1.3	OLFATIVO.....	74
7.2	PROPOSTA FINAL	75
8	CONCLUSÕES.....	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXOS.....	83
	ANEXO A – Valores Padrões de Taxa Metabólica pela ISSO 7730 Anexo B.....	84
	ANEXO B – Valores de isolamentos térmicos para trajes típicos.....	85
	ANEXO C – Instrumentação para medição de parâmetros físicos	86
	ANEXO D – Modelo de Questionário por Lokman, Kansei Web-design.....	87
	ANEXO E – Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Emocional.....	88
	ANEXO F – Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Sensorial.....	91
	ANEXO G – Comentários acerca de modificações no ar-condicionado	92
	ANEXO H – Tabela de propriedades dos óleos essenciais (SACCO, 2015).....	93

LISTA DE FIGURAS

1.1	Linha do tempo entre o início dos estudos de Conforto Térmico e a abordagem adaptativa para Conforto Ambiental e Térmico.	9
2.1	Esquema de transferência de calor através do corpo humano.....	16
2.2	Relação entre ocupantes insatisfeitos e assimetria de radiação.....	21
2.3	Relação entre ocupantes insatisfeitos e diferença de temperatura vertical.....	22
2.4	Relação entre ocupantes insatisfeitos e temperatura do piso.....	22
2.5	Escala de sete pontos proposta por Fanger.....	23
2.6	Relação entre índices PMV, PPD e sensações térmicas.....	25
2.7	Gráfico de Conforto Adaptativo.....	29
3.1	Diagrama de relação entre Kansei <i>Engineering</i> , cinco sentidos, Engenharia e Arquitetura e o estudo de conforto ambiental e térmico.....	32
3.2	Diagrama de processos para o Sistema de Engenharia Kansei (KES).....	35
3.3	Diagrama de caminhos para a metodologia KE.....	36
3.4	Modelo de refrigerador com mais compartimentos independentes.....	40
3.5	Entrada e interior do Boeing 787.....	42
3.6	Janelas modificadas, agora com maior dimensão.....	42
4.1	Diagrama de processos para a metodologia utilizada no presente trabalho.....	43
4.2	Ilustração da sala de aula utilizada para entrevista.....	45
4.3	Modelo de condicionador de ar BOSCH ACST COM 22 FM.....	45
4.4	Malha com regiões para medição dos parâmetros.....	49
4.5	Psicrômetro (HT-270).....	50
4.6	Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro (THDL-400).....	50
4.7	Termo Anemômetro Digital Portátil de Fio Quente (TAFR-180).....	51
4.8	Trena digital - DISTO D2.....	51
5.1	Gráfico da relação conforto-desconforto para correntes de ar.....	55
5.2	Gráfico da relação frio-quente pela porcentagem de pessoas.....	56
5.3	Gráfico da relação desconforto-conforto pela porcentagem de pessoas.....	56
5.4	Gráfico para relação de pessoas que consideram o ar seco-úmido.....	57
5.5	Gráfico: Porcentagem dos entrevistados e suas posições na sala.....	59
6.1	Gráfico Psicrométrico (ASHRAE-55, CBE Thermal Comfort Tool).....	62
6.2	Gráfico PCL para Emoções.....	65
6.3	Gráfico PCS para modelos de ar-condicionado.....	65
6.4	Gráfico PCV para o questionário de percepção emocional.....	65
6.5	Gráfico PCL para análise de percepção sensorial.....	67
6.6	Gráfico PCS para análise de percepção sensorial.....	67
6.7	Gráfico PCV para percepção sensorial.....	68
7.1	Modelo de ar-condicionado Split Hi-Wall, Electrolux Green-Air.....	71
7.2	Ilustração do modelo de ar-condicionado proposto com LED vermelho.....	76
7.3	Ilustração do modelo de ar-condicionado proposto com LED amarelo.....	76
7.4	Ilustração para o modelo proposto na versão de cor preta com LED azul.....	76
7.5	Ilustração do posicionamento das modificações no modelo proposto de ar-condicionado.....	77

LISTA DE TABELAS

4.1	<i>Kansei words</i> aplicáveis para um ar-condicionado	47
4.2	Instrumentação para mensuração dos parâmetros físicos	48
5.1	Porcentagem de usuários para cada modelo de ar-condicionado.	52
5.2	Porcentagem de usuários por faixa etária.	53
5.3	Porcentagem de usuários por gênero.	53
5.4	Porcentagem de usuários, e emoções e sentimentos que expressam.	53
5.5	Porcentagem de usuários por local aonde têm acesso ao ar-condicionado.	54
5.6	Porcentagem de usuários e emoções expressas para modelo Split Hi-Wall.	55
5.7	Malha de posicionamentos (5 posições x 4 linhas).	58
5.8	Propriedades mensuradas em cada ponto da malha 5 x 4.	58
5.9	Configuração média para cada posicionamento.....	59
5.10	Pontuação média (numa escala de 1 a 5) para as sensações analisadas.	60
6.1	Principais emoções expressas em reação a um Split Hi-Wall.....	61
6.2	Estimativa do PPD com base na nota dada ao conforto.	63
6.3	Sensações e numeração correspondente para o gráfico PCL, PCS e PCV.	67
6.4	Melhores configurações e sensações atribuídas a cada posição..	69
7.1	Configuração energética e de comprimento de onda para faixas de cores visíveis.	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

A	Área	[m ²]
A_{Du}	Área de DuBois	[m ²]
C	Perda de calor por convecção a partir da superfície externa da roupa	[W/m ²]
C_p	Calor específico a pressão constante	[kJ/kg.K]
C_{res}	Perda de calor de respiração por convecção	[W/m ²]
CT	Carga Térmica	[W/m ²]
E_d	Perda de calor pela difusão de vapor d'água através da pele	[W/m ²]
E_{sw}	Perda de calor por evaporação (em suor) na superfície da pele	[W/m ²]
E_{re}	Perda de calor latente na respiração	[W/m ²]
E_{res}	Perda de calor de respiração por evaporação	[W/m ²]
E	Energia liberada por evaporação ou suor	[W/m ²]
EE	Equivalente energético em Wh/lO ₂	[Wh/lO ₂]
h	Entalpia específica	[kJ/kg]
h_c	Coefficiente de transferência de calor por convecção	[kJ/kg]
h_{cl}	Coefficiente de transferência de calor convectivo entre ambiente e roupa	[kJ/kg]
h_r	Coefficiente de transferência de calor por radiação	[kJ/kg]
H	Produção interna de calor no corpo humano	[W/m ²]
I_{cl}	Resistência térmica total da roupa	[clo]
IS	Intensidade do Som	[dB]
K	Condução de calor através da vestimenta	[W/m ²]
l	Altura do corpo	[m]
L	Perda de calor por respiração (seca)	[W/m ²]
\dot{m}	Vazão mássica	[kg/s]
m	Massa do corpo	[kg]
M	Energia metabólica	[W/m ²]
p_a	Pressão de vapor à temperatura ambiente	[kPa]
p_s	Pressão de vapor saturado na temperatura da pele	[kPa]
R	Perda de calor por radiação	[W/m ²]
RH	Umidade relativa	[%]
S	Taxa de armazenamento de calor	[W/m ²]
T	Temperatura	[°C]
T_o	Temperatura operativa	[°C]
T_0	Temperatura média do ar mensal no ambiente externo	[°C]
T_{comf}	Temperatura de conforto	[°C]
TE	Temperatura Efetiva	[°C]
t_a	Temperatura do ar inspirado	[°C]
t_{bu}	Temperatura de bulbo úmido ventilado	[°C]
t_{cl}	Temperatura da roupa	[°C]
t_{ex}	Temperatura do ar expirado	[°C]
t_{mr}	Temperatura radiante média	[°C]
t_n	Temperatura isotérmica de superfície	[°C]
t_s	Temperatura da pele	[°C]
U	Coefficiente global de transferência de calor	[W/m ² .K]
v_a	Velocidade do ar real	[m/s]
v_{ar}	Velocidade do ar	[m/s]
V_{O_2}	Taxa de consumo de oxigênio	[lO ₂ /h]
W	Trabalho externo	[W/m ²]

W_a Umidade do ar inspirado [kg_{água}/kg_{ar}]

Símbolos Gregos

λ_m Calor de vaporização da água a 35°C

Grupos Adimensionais

f_{cl} Razão entre superfície do corpo pela área do corpo coberta
 f_{eff} Razão entre a área de radiação efetiva no corpo vestido pela área do corpo vestido
 F_{p-n} Fator angular entre o corpo e a parede 'n'
 RQ Coeficiente respiratório

Subscritos

a ar inspirado
 cl roupa, vestimenta, *clothes*
 eff efetiva
 ex expirado
 s pele, *skin*

Siglas

ABERGO Associação Brasileira de Ergonomia
ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASHVE American Society of Heating and Ventilating Engineers
AVAC Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado
DBT Dry Bulb Temperature
ISO International Organization for Standardization
JSKE Japanese Society of Kansei Engineering
KE Kansei Engineering
KES Kansei Engineering System
KKES Korean Kansei Engineering Society
KW Kansei Words
LCD Liquid Crystal Display
MRT Mean Radiant Temperature
OMS Organização Mundial de Saúde
PMV Predicted Mean Vote
PPD Predicted Percentage Dissatisfied
QFD Quality Function Deployment
WBGT Wet Bulb Globe Temperature

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo explana de forma clara as intenções do Projeto de Graduação em unir estudos de Conforto Térmico e metodologia Kansei Engineering. Abrangendo ainda uma linha cronológica do avanço das duas áreas em pesquisas.

1.1 O TEMA EM ESTUDO E SUA RELEVÂNCIA

Em 1902, Willis Carrier expôs ao mundo a sua invenção que traria futuramente uma outra ideia do que se compreende por conforto ambiental: nascia aí o ar-condicionado e umidificador de ar. Em 1906 o Banco Nacional La Crosse, Wisconsin, Estados Unidos, utilizou pela primeira vez em seu prédio instalações de ar-condicionado, demonstrando preocupação em proporcionar conforto aos clientes.

Por conforto, entende-se o resultado da interação de mudanças físicas, fisiológicas, psicológicas, com os direitos sociais e culturais, a depender da arquitetura, da vestimenta, dos hábitos alimentares e do clima como define Kristian Fabbri (2015). Além disso, conforto térmico é um estado mental aonde o sujeito expressa satisfação com as condições às quais está exposto (ASHRAE, 1966 apud Fabbri, 2015), nos aspectos de temperatura, umidade, velocidade do ar e outros parâmetros em um determinado ambiente.

Como afirma Frota (2001), através da Comissão Americana da Ventilação, em 1916, confirmaram-se alguns resultados sobre a influência das condições termo-higrométricas no rendimento do trabalho físico e situações especiais de guerra. Por exemplo, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C diminui o rendimento do trabalho em 15%. Ainda existem resultados que relacionam o desconforto térmico com o aumento no índice de acidentes de trabalho.

O estudo do conforto térmico foi aprofundado a partir da década de setenta, juntamente com outros estudos que tinham viés antropocêntrico, ou seja, de entender melhor o comportamento humano e desenvolver técnicas para obter uma melhor resposta do organismo. Na Europa, o conforto térmico começou a ser visto de outra maneira, justamente com esse foco. Povl Ole Fanger e outros partiram da ideia de conforto térmico com o valor de bem-estar (Fabbri, 2015). Os conceitos e cálculos abordam ainda a termodinâmica do corpo humano com o meio, mas também o uso de métodos estatísticos com o objetivo de mostrar a influência da opinião das pessoas para determinar a sensação térmica de um local. Para isso, o uso de questionários se tornou uma ótima fonte de obtenção de dados, e apesar de mostrar resultados generalizados, foi através deles que estudos relacionados ao conforto tiveram avanço notório.

Contudo, as definições para esse campo acabam sendo ainda limitadas já que o comportamento humano é bastante complexo e varia de acordo com fatores culturais, climáticos, entre outros. Entender esses aspectos que influenciam na percepção humana quanto à condição térmica, tem sido abordado pelo estudo de conforto térmico adaptativo. Exemplo disso são pesquisas como: “As pessoas gostam de sentir o neutro? Explorando a variação de sensações térmicas desejadas com base na escala ASHRAE”

(Humphreys MA, Hancock M, 2007); e “Pesquisa em literaturas em como diferentes fatores influenciam o conforto humano em ambientes fechados” (Frontczak M, Wargocki M, 2011).

Na mesma época (década de 70), surge a inovadora *Kansei Engineering* (Engenharia Afetiva), desenvolvida no Japão por Mitsuo Nagamachi na Universidade de Hiroshima. Um campo de estudos totalmente voltado para a pesquisa do comportamento humano a fim de desenvolver produtos diferenciados e mais atrativos aos cinco sentidos humanos: visão, audição, olfato, paladar e tato (Nagamachi, 2011). Utilizando-se dessa metodologia, produtos como refrigeradores, câmeras digitais e carros foram desenvolvidos com base nas palavras *Kansei* ligadas às emoções que os clientes desejavam sentir ao utilizá-los. Portanto, pode-se descrever essa engenharia como capaz de traduzir os sentimentos e especificações de projeto vindos dos clientes (Nagamachi e Lokman, 2010).

Por esse lado, a *Kansei Engineering* é um campo que busca gerar satisfação nas pessoas a partir de estímulos aos seus cinco sentidos. Quanto mais estimulante o produto for, seja com *design* ou com suas propriedades, maior será a satisfação e, conseqüentemente, o afeto gerado em relação ao produto, serviço, ou ainda, a determinado ambiente. O uso da Engenharia *Kansei* tem sido recorrente em diversas empresas, reforçando a ideia de preocupação com o cliente e com a qualidade do produto. A SHARP é um exemplo disso, ao criar a primeira câmera digital com LCD embutido e, também, desenvolver um modelo de refrigerador que se tornou padrão em todo Japão devido sua praticidade e preocupação com a ergonomia do produto em mínimos detalhes.

Com a finalidade de propor projetos que considerem tanto limitações físicas como psicológicas, a *Kansei Engineering* pode agir como um unificador de áreas, quando se abrange a percepção humana em todos seus sentidos. A variedade de campos que podem ser estudados simultaneamente dentro da *Kansei Engineering* é grande, mostrando a importância de se unir tudo a fim de criar produtos e serviços voltados para a satisfação humana.

1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A preocupação científica do homem com o seu conforto térmico tem registros já antigos, a obra “História e Arte do Aquecimento e Ventilação em Salas e Construções” (*History and Art of Warming and Ventilation Rooms and Buildings*), por Walter Bernan, em 1845, descreve isso ao prever que a criação e o controle de ambientes climáticos artificiais será um campo estudado em grande proporção, e que contribuirá para o desenvolvimento da humanidade, preservação da saúde e longevidade do ser humano (Ruas, 1999). Observando que por muito tempo as pessoas se ajustaram ao meio, por exemplo, com suas vestimentas, sempre em função das fontes de calor existentes, é notório que desde os primórdios buscava-se o conforto de alguma maneira.

Chrenko (1974, apud Parsons, 2002) faz um panorama histórico resumindo alguns feitos relacionados ao estudo de Conforto Térmico, começando por citar Michael Faraday que, em 1835, demonstrou evidências de quão inadequado é o estudo apenas da temperatura do ar como parâmetro de

condição ótima para conforto. Outros pesquisadores também mostraram que para resolver essa questão é necessário o estudo de combinações de parâmetros ambientais e, também, desenvolveram ferramentas que tornaram capaz a medição desses parâmetros usando-se termômetros comuns. Já em 1804, Leslie, propôs um termômetro de bulbo para medição da velocidade do ar, enquanto Heberden observou em 1826 a taxa de resfriamento de um termômetro anteriormente aquecido acima de 38°C. E Aitken em 1887, usou um termômetro de globo que mostrava os efeitos da radiação quando moderados pelo vento.

Em seguida, Willis H. Carrier continuou a desenvolver as suas ideias para o condicionamento de ar por controle de umidade. Em 1906, ele emitiu uma patente sobre a invenção que chamou de um “aparelho para o tratamento do ar”. Este foi o primeiro tipo de equipamento de pulverização de ar condicionado, projetada para umidificar ou desumidificar o ar através do aquecimento ou refrigeração da água. Já em 1904, o LaCrosse National Bank, Wisconsin, tornou-se o primeiro comprador do sistema de ar-condicionado, apostando nessa tecnologia como forma de gerar conforto para os clientes e maior produtividade dos funcionários (FUNDING UNIVERSE, 2016).

Em 1913 e 1923, foi o período em que se destaca o estabelecimento de critérios de conforto térmico pela primeira vez. Desde então esse tema tem sido estudado mundialmente, sendo que o grande desafio era encontrar os fatores que influenciam na sensação térmica e como eles se relacionam (Ruas, 1999). Não é coincidência que esse ramo de estudos surge na época da Primeira Guerra Mundial, quando era necessário garantir que os militares poderiam continuar a trabalhar em navios e aviões, mesmo em ambientes com altas temperaturas.

Em 1916, a Comissão Americana da Ventilação promoveu pesquisas com o objetivo de determinar a influência das condições termo higrométricas no rendimento do trabalho, a fim de buscar melhorias na produtividade em prol dos interesses econômicos surgidos com a Revolução Industrial e às situações especiais de guerra, quando as tropas são deslocadas para regiões de diferentes tipos de clima, concluindo basicamente que: (i) para o trabalho físico, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C diminui o rendimento em 15%; e, (ii) a 30°C de temperatura ambiente, com umidade relativa 80%, o rendimento cai 28%. Observações acerca do rendimento do trabalho em minas, na Inglaterra, mostraram o seguinte: o mineiro rende 41% menos quando a Temperatura Efetiva (TE) é 27°C, com relação ao rendimento à Temperatura Efetiva de 19°C. Foram também observadas variações de produção em indústrias, segundo a mudança das estações do ano, havendo, ainda, estudos que correlacionam ambientes termicamente desconfortáveis com índices elevados de acidentes no trabalho (Frota, 2001).

Em 1923, Houghten and Yagloglou, determinam o que conhecemos por “zonas de conforto” e também as “linhas de conforto semelhante”, em gráficos psicrométricos da ASHRAE, no qual é definido a correspondência entre a temperatura do ambiente real e a temperatura de um ambiente fictício em condições de ausência de diferença de temperatura entre o ar do ambiente e as paredes, ausência de correntes de ar e umidade relativa correspondente a 100% (Fabbri, 2015).

Confirmando a ideia de que diversos parâmetros afetam a percepção de conforto térmico além da temperatura, Vernon e Warner, em 1932, incluem a velocidade do ar em diagramas para fins de cálculos da ASHVE (*American Society of Heating and Ventilating Engineers*) com base em sua pesquisa “A influência da umidade do ar na capacidade de trabalho a alta temperatura” (Fabbri, 2015).

Até então, o estudo do conforto térmico não possuía metodologias de cálculo a fim de se obter valores numéricos relativos à termodinâmica existente entre homem e meio ambiente. Adolf Pharo Gagge, biofísico do laboratório de Higiene de New Have, lança em 1936 a pesquisa “Critério de linearidade aplicado à calorimetria particional” na qual, após processar os dados experimentais sobre a relação entre o corpo humano e o ambiente, descreve a expressão do primeiro princípio da termodinâmica para o corpo humano (Fabbri, 2015). Sua metodologia divide a transferência de calor entre homem e ambiente a partir de dois nós (*two nodes*): o "núcleo", dentro do corpo humano aonde se produz energia através da atividade metabólica e trabalho mecânico (músculos); e a "pele" que troca energia e a matéria com o meio externo. Defende ainda, que a soma das trocas térmicas, devido à atividade metabólica, de energia, evaporação, radiação e condução do corpo são zero (Fabbri, 2015). A pesquisa e envolvimento de Gagge foi fundamental para popularizar os estudos de troca de calor entre homem e meio, trazendo diversas aplicações para os campos da saúde e segurança do trabalho, pesquisas militares e de exploração do espaço e, ainda, para a engenharia civil e arquitetura.

O aprofundamento na pesquisa por parâmetros que ainda poderiam influenciar na sensação térmica de um ambiente foi demonstrado a partir do surgimento de novos índices dentro das tabelas e gráficos para um cálculo mais apurado em consideração ao que era proposto por Gagge. O desenvolvimento de índices de conforto térmico é dado com esse objetivo, juntando efeito de diversas variáveis. Em geral, esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de gráficos, as diversas condições ambientais que proporcionam determinada sensação de conforto térmico (Frota, 2001).

Estudos nos centros militares norte-americanos, feitos por Yaglou e Minard em 1957 para o artigo "Controle de vítimas de calor no centro de treinamento militar", permitiram desenvolver índices como a Temperatura Global de Bulbo Úmido (WBGT, *Wet Bulb Globe Temperature*), indicador que combina o efeito da temperatura, umidade relativa do ar, calor trocado por radiação e a radiação solar, e é usado para determinar o nível de exposição a condições de calor. Também, o Índice Equatorial de Conforto (ECI, *Equatorial Comfort Index*), desenvolvido em 1959 por Webb, em "Uma análise de observações acerca do conforto térmico em um clima equatorial", que corresponde à resposta de um sujeito perfeitamente aclimatizado nas condições climáticas equatoriais (Fabbri, 2015).

As exigências humanas de conforto térmico, em suma, estão relacionadas ao funcionamento de seu organismo. Até o fim da década de 60, para fins de estudo, o ser humano foi comparado a uma máquina térmica que produz calor segundo sua atividade.

As pesquisas mais recentes, desenvolvidas no período de 1970 a 1986, comprovaram que o conforto térmico está estritamente relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano e que esse equilíbrio é

influenciado por fatores ambientais e pessoais. Assim, há ambientes em que as condições são favoráveis ao equilíbrio térmico do corpo humano e o homem sente-se disposto e há outros em que as condições são desfavoráveis, provocam indisposição, diminuem a sua eficiência no trabalho e aumentam a possibilidade da ocorrência de acidentes (Ruas, 1999).

O grande marco da pesquisa e prática na área de conforto térmico foi com a publicação do livro “Conforto Térmico” por Fanger (1970 apud Parsons, 2002), que descreve as condições necessárias para o conforto térmico; métodos e princípios para avaliar e analisar os ambientes térmicos com relação ao conforto térmico. Fanger conclui através de seus estudos que o conhecimento existente de conforto térmico deveria abordar não somente a visão crua de parâmetros inerentes ao meio ambiente, mas também os “requisitos de usuário”.

Para se determinar o conforto térmico humano é necessário entender a relação do homem-ambiente com os seis parâmetros físicos (temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura do ambiente e velocidade relativa do ar com a atividade desenvolvida e com a vestimenta usada pelas pessoas), no entanto, analisar essa combinação não permite que sejam obtidas informações quantitativas quanto à satisfação térmica pelo ambiente em questão. Assim, Fanger propõe em “Cálculos para o Conforto Térmico: Introdução à equação do conforto básico” (1967) uma escala de classificação para a percepção sensorial de bem-estar. O estudo se deu com base em experimentos em uma câmara com sistema de ar condicionado, para se descobrir o nível de insatisfação das pessoas com as condições determinadas. A partir desses experimentos, foram criados alguns índices importantes para o avanço dos estudos na área de conforto térmico, são eles: PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*) (Fabbri, 2015).

As experiências realizadas por Fanger (1970), Rohles (1970) e Nevins et al (1966), provaram que é impossível obter, em um ambiente, combinação das variáveis de conforto que satisfaça plenamente todos os integrantes de um grande grupo; sempre existirão insatisfeitos. Na prática, era necessário relacionar o PMV com o PPD num determinado ambiente. Para uma condição de neutralidade térmica (PMV= 0), existem 5% de insatisfeitos e, para sensações equivalentes de calor e frio, a porcentagem de insatisfeitos é semelhante (Ruas, 1999).

O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico. Para se manter em condição de conforto, é ideal sua temperatura interna se mantenha por volta de 37°C (homeotermia). Naturalmente, o corpo busca essa condição para se manter vivo e saudável, mesmo que fora de condições favoráveis. Quando submetido a baixas ou altas temperaturas, precisa-se de mais esforço do organismo para manter a homeotermia, o que caracteriza o estresse térmico. É essa situação que produz a queda do rendimento no trabalho ou, em caso mais extremo, perda total de capacidade para realização de trabalho e/ou problemas de saúde.

Quando em trabalho, se o desconforto térmico é suficiente para distrair os trabalhadores de modo que eles se atentem mais ao ambiente térmico em vez de uma tarefa de trabalho, considera-se que a

produtividade será interrompida. É óbvio o impacto sobre o desempenho humano, e que pode gerar importantes consequências econômicas, dentre outras. (Parsons, 2002).

Acompanhando os avanços ocorridos na década de 60, no período pós-guerra, no qual o Japão transita entre a forma de produção por “cópia e imitação” para o processo de desenvolver com originalidade, Shigeru Mizuno e Yoji Akao, desenvolvem pesquisas na área de QFD (*Quality Function Deployment*). Uma das melhores definições do QFD é dada pelo próprio Akao (Akao, 1997): “metodologia que converte as demandas dos usuários em características de qualidade de substituição (características de qualidade), determina a qualidade do *design* do produto acabado, e sistematicamente implanta essa qualidade para a qualidade dos componentes, qualidade de partes individuais da produção e processa elementos e suas relações”. Embora o QFD buscasse gerar melhorias na produção, subjetivamente ligadas a esse desejo por qualidade dos consumidores, ela ainda não captava da melhor maneira as necessidades e requisitos das pessoas para criação de produtos que causassem impacto na vida delas.

Então, Mitsuo Nagamachi, da Universidade de Hiroshima, começa a pesquisar e desenvolver, em 1970, uma área de pesquisa que poderia desenvolver produtos com melhor qualidade e que obtivessem dos consumidores melhor resposta sensitiva e emocional: a Engenharia *Kansei*. Seu objetivo principal é tornar possível a mensuração da impressão psicológica do consumidor diante um produto e ligar isso a elementos de projeto ou *design* de um produto (Nagamachi, 1992 apud Lokman, 2009).

O termo “*Kansei*”, de origem japonesa, possui uma grande abrangência de traduções possíveis: sensação, sensibilidade, sentimento, emoção e desejo (Nagamachi, 2011). Quando definidas em palavras as relações das pessoas com determinado momento, serviço, produto, ou ainda outras pessoas, podemos ter o que se chama de palavras *Kansei*. Um projetista que pensa no modo que um produto pode atingir as pessoas de forma positiva, se preocupando com o *design* e funcionalidade, por exemplo, com o silêncio de um liquidificador ou a ergonomia de uma retroescavadeira, esse projetista é considerado por ter um bom *kansei*.

A partir dessa colocação, fica claro que o KE (*Kansei Engineering*) está preocupado com qualquer elemento que esteja ligado ao desenvolvimento de algo novo voltado para o ser humano: ergonomia e higiene do trabalho, *design*, arquitetura, desenvolvimento de novas tecnologias que busquem otimização de sistemas mecânicos, entre outras áreas de estudo. Mais ainda, é uma metodologia orientada ao consumidor que conta diretamente com sua participação para a criação do novo produto em questão (Lokman, 2009), o que torna ainda mais influente já que, com isso, o fator cultural e ambiental, no qual as pessoas que participam do processo de criação estão inseridas, é considerado.

Entre os primeiros projetos de Nagamachi e equipe, estão HULIS (*house design*) e *Cockpit* (*design* de cabines de piloto para máquinas de construção) (Nagamachi, 2011), ambos softwares traduziam palavras-chave definidas pelos consumidores desses produtos a fim de produzir uma condição de melhor conforto e satisfação sensitiva.

Quanto ao *design* automobilístico, desenvolveu junto à Mazda um projeto de criação de um novo carro esportivo – Mazda MX5 (Miata, produzido em 1987). Para isso, fez experimentos no qual fotografava pessoas utilizando o carro, e analisaram as fotos, uma a uma, para entender detalhes que poderiam ser otimizados quanto a percepção e sensação que os clientes teriam em relação a um carro esportivo. A otimização estava ligada não somente ao *design* interior do automóvel, mas também em algumas adaptações do motor e do sistema mecânico. A análise era basicamente tomar palavras-chave dos membros da pesquisa que eram relativas às sensações, filtraram esse conjunto de palavras e obtiveram elementos de *design* para a então otimização. Esse experimento descrito é, em suma, o que se faz para obter dados *Kansei*, e a forma de se analisar as palavras-chave é o que define os diferentes métodos dentro da Engenharia *Kansei*.

Quanto a conforto térmico, em 1995, M. Nagamachi e K. Nishikawa, em busca de projetar um ambiente ergonomicamente confortável de forma automática, propuseram a construção de uma cabine climática que detectava respostas fisiológicas e efeitos psicológicos em relação a parâmetros termodinâmicos (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa e radiação das paredes). Através desses dados, foi desenvolvido o sistema automático que gera como resposta um ambiente confortável.

Em 2007, o Ministério Japonês da Economia, Comércio e Indústria (METI apud Lévy, 2013) declarou a Engenharia *Kansei* como sendo quarto pilar da economia japonesa com foco em melhorar a vida das pessoas e revigorar a economia. Quanto a área acadêmica, em 1997, é fundada a Sociedade Coreana de Engenharia *Kansei* (KKES), após diversas Conferências sobre o tema. Logo em seguida, em 1998, também é criada a Sociedade Japonesa de Engenharia *Kansei* (JSKE), formada por profissionais de diversas áreas, motivando ainda mais a inovação de novos estudos que abordam essa mesma linha de raciocínio *Kansei*. Essa tecnologia foi se difundindo ainda mais no mundo, na Europa, as Universidades de Linköping (Suécia) e Leeds (na Inglaterra) tiveram a colaboração de Nagamachi para desenvolver cursos na área voltados para desenvolvimento de produtos. Na Espanha, em 2009, o Instituto Internacional de Bem-estar Humano, dentro do governo de Andalusia, implementou, com ajuda de Nagamachi, o Sistema *Kansei* como nova divisão objetivando a criação do Centro Europeu de Excelência em Engenharia *Kansei*. Por fim, na Malásia, Anitawati Mohd Lokman introduziu estudos da Engenharia *Kansei* na Universidade Tecnológica de MARA; e o Dr. Ricardo Hirata Okamoto, vêm pesquisado o campo e prestado consultoria no México.

Fica claro por essas evidências que a KE se tornou um campo de estudo bem abrangente e de peso na indústria e inovação de produtos. São diversas áreas que se interligam a fim de pesquisar detalhes que sempre podem ser otimizados em prol de uma melhor qualidade do produto e, assim, tornar este mais apreciado por pessoas que, consciente ou inconscientemente, desejam certos aspectos, que com a KE passaram a ser empregados ao se pensar determinado produto ou serviço.

A Figura 1.1 ilustra o desenvolvimento de áreas de estudos que se alinham com a qualidade de vida e a percepção humana quanto ao ambiente, serviços e produtos. Na linha do tempo, observa-se como se

encaixam os campos de estudo em períodos semelhantes, deixando clara que é uma tendência o desenvolvimento de projetos centrados no usuário.

Estudos na área de ergonomia e conforto, incluindo o conforto térmico, e também na área de qualidade do produto como a KE, tiveram avanços que se tornaram ainda mais acentuados no século XXI. O aspecto humanista, preocupado com a percepção humana, acompanhou as mudanças que a sociedade e a tecnologia moldavam. Parsons (2002) descreve que, nessa nova fase, o ponto mais importante não é definir o porquê as pessoas reportam conforto ou desconforto diante um ambiente, mas quais condições podem produzir conforto térmico ou ambiente térmicos aceitáveis, para uma parcela generalizada da população, já que o aspecto de conforto é um ponto que pode ter influências de origens variadas.

Essa definição de Parsons é compatível com o que é defendido pelo ramo de pesquisas de Conforto Térmico Adaptativo. Um exemplo disso é Yao et al. (2009 apud Parsons, 2002) que defende em sua pesquisa o ajuste do PMV a valores que condiziam melhor ao que as pessoas estavam acostumadas para diferentes regiões da China. É importante, então, que um dos grandes fatores que influenciam na percepção de calor é o fator cultural. Por isso, uma pessoa que passa um ano morando em uma região com predominância de baixas temperaturas, ao se mudar ou viajar para outra região que tem temperatura média alta, como na região equatorial, esta poderá ter sensação de calor muito mais sensível se comparado a uma pessoa que já está acostumada com temperaturas quentes, em um dia um pouco mais quente. Prova disso é dada pelas pesquisas de validação do índice PMV/PPD para diferentes partes do mundo, e a determinação da temperatura neutra, na qual não se sente exatamente calor ou frio, para alguns países.

Tanabe et al. (1987 apud Parsons, 2002) obteve votos de sensação térmica através de experimentos com 172 universitários japoneses (sedentários, com roupas leves – 0,6 clo) expostos a 3h em uma câmara de testes. A temperatura neutra encontrada foi de 26,3°C, condizente com os gráficos de PMV/PPD das pessoas entrevistadas. Fishman e Pimbert (1978 apud Parsons, 2002), no Reino Unido, recolheram votos de 26 funcionários de escritório durante seus horários de trabalho por um ano. Encontraram a partir dos dados recolhidos que a temperatura neutra para esse grupo era de 22°C, independentemente de serem homens ou mulheres ou ser verão ou inverno, as variações eram sempre pequenas ao redor desse valor.

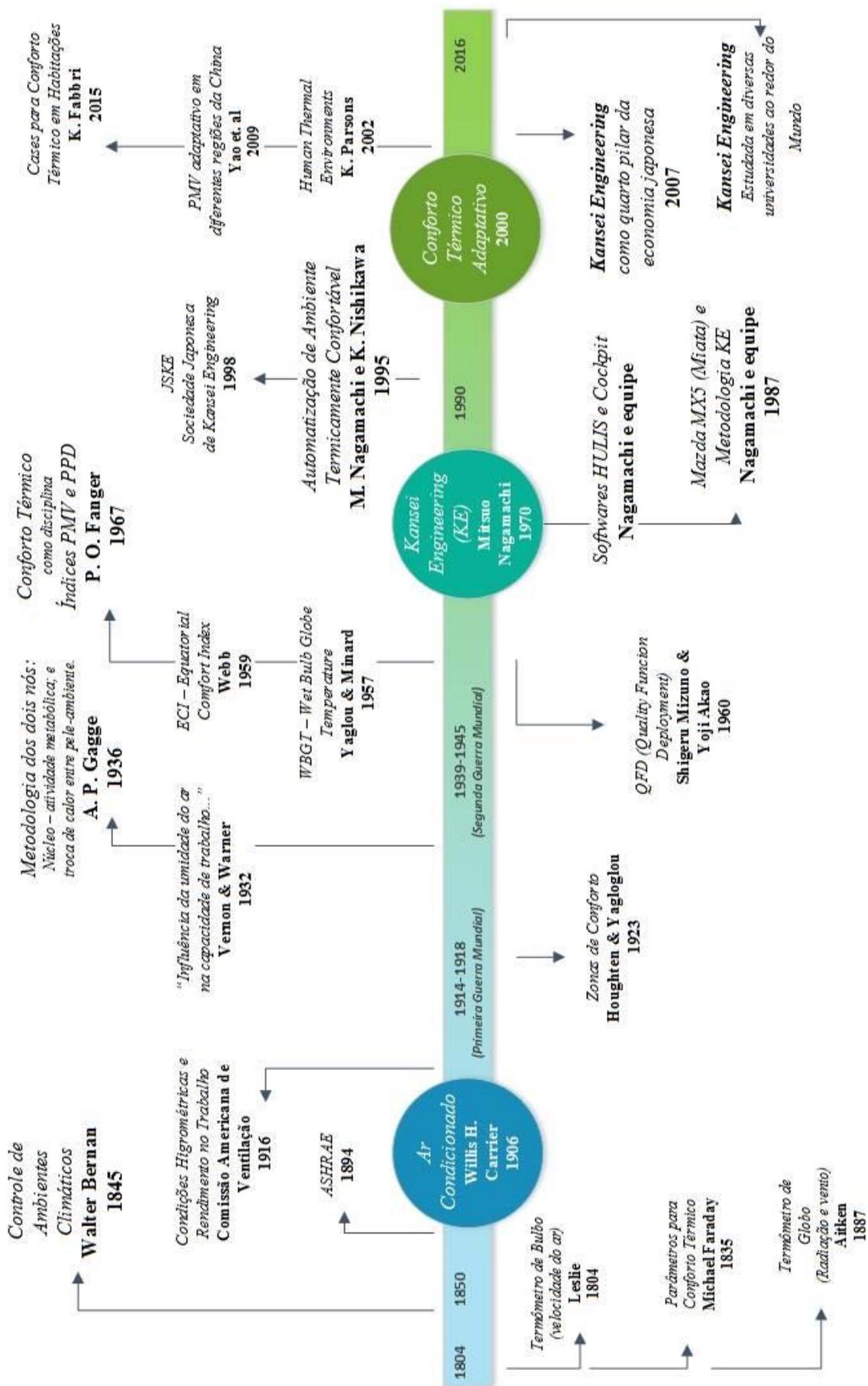


Figura 1.1 – Linha do tempo entre o início dos estudos de Conforto Térmico e a abordagem adaptativa para Conforto Ambiental e Térmico.

As condições de conforto térmico são função da atividade desenvolvida pelo indivíduo, da sua vestimenta e das variáveis do ambiente que proporcionam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente (Frota, 2001). Além dos seis parâmetros físicos, devem ser consideradas outras variáveis como idade, biótipo, hábitos alimentares; e ainda, as consequências que o comportamento humano causa no ambiente a ser considerado. Essa abordagem do conforto térmico pode ser facilmente explorada com a metodologia *Kansei Engineering*, já que essa é uma interface que busca obter através do comportamento humano, características apropriadas para produtos cada vez melhores.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho visa utilizar a Metodologia *Kansei Engineering* ou KE (a relação do ambiente com o emocional humano e seus cinco sentidos) a fim de determinar condições de projeto para ar-condicionado que proporcionem melhor resposta pelos usuários, alinhado a entender melhor o comportamento humano frente ao projeto de climatização. Para esse fim, pretende-se: estudar a metodologia KE, tendo em vista que tal conhecimento não é muito difundido no campo de Engenharia no Brasil; definir um ambiente de estudo e a metodologia de análise dos dados coletados; definir palavras-chave (*kansei words*), as quais são imprescindíveis para saber quais características devem ser otimizadas para melhor percepção dos usuários quanto ao sistema de ar-condicionado; e propor melhorias a um modelo de ar-condicionado utilizando a Metodologia Kansei.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho dividiu-se em três etapas, sendo a primeira focada no desenvolvimento de conceitos e pesquisa em literatura; a segunda, na obtenção de informações, em campo, que possam tornar útil a metodologia da Engenharia Kansei. Nessa segunda fase foram desenvolvidos questionários e análise espacial dos ambientes selecionados para estudo. Na terceira fase foi feita a análise das informações Kansei e as conclusões obtidas para as soluções em ar-condicionado.

Primeiramente, foram desenvolvidos conceitos fundamentais tanto quanto ao estudo de Conforto Térmico, como da Engenharia *Kansei*. Antes de se aprofundar na aplicação, é necessária uma explanação desses campos, que abrangem termos e definições bem específicos. Quando ao Conforto Térmico, deve ficar claro como funciona essa área de estudo, assim como a relação dos seis parâmetros físicos básicos que influenciam na sensação térmica. Foi explanado também o viés adaptativo do conforto térmico e aspectos psicológicos que serão melhor aproveitados na metodologia KE. Quanto à KE (*Kansei Engineering*) foram definidas as classificações, conceitos básicos e *cases* existentes e de sucesso comercial.

Na segunda fase, foram feitos estudos de campo, para isso, questionários foram modelados a partir da KE para que então possa ser aplicada a metodologia mais apropriada no estudo da percepção de conforto térmico das pessoas entrevistadas. A plataforma utilizada para os questionários foi o *Google*

Forms e questionários em papel, métodos práticos para aplicação em ambientes sem interferir na rotina das pessoas. Foi então selecionada a metodologia de análise dentre as existentes para KE da qual possa se obter melhores resultados dos questionários que serão feitos. Em campo, ainda serão mensurados os parâmetros termo-físicos para tornar possível a interpretação das emoções e sentidos com relação ao ambiente térmico e ar-condicionado.

Por fim, com os dados relativos aos questionários e à termodinâmica dos ambientes estudados, foi feita análise comparativa destes quanto à percepção da qualidade do ar, da temperatura, velocidade do ar, direcionamento do ar de saída, entre outros parâmetros. É nessa fase que, utilizando os resultados para validar de forma técnica e experimental, foram propostas otimizações nos sistemas de ar-condicionado com relação ao emocional e sensorial dos entrevistados.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação está dividida em 6 sessões, os quais compreendem: (i) Introdução; (ii) Conceituação de Conforto Térmico; (iii) Conceituação da Engenharia *Kansei*; (iv) Metodologia; (v) Resultados; (vi) Análise dos resultados; (vii) Proposta *Kansei*; e (viii) Conclusão.

A primeira sessão se trata da Introdução com Referencial Bibliográfico completo acerca do desenvolvimento tanto do Conforto Térmico, como área de estudo, como da Engenharia *Kansei*.

A segunda e a terceira parte, conceituam de forma clara os campos Conforto Térmico e *Kansei Engineering*, respectivamente. A Engenharia *Kansei* foi descrita em termos simples para que se possa compreender a dissertação da melhor maneira.

A quarta sessão define a Metodologia a ser utilizada, assim como questionários utilizados, locais aonde estes foram aplicados e os devidos detalhes de importância para a posterior análise dos resultados.

A quinta sessão se trata dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia sobre a análise de modelos de ar-condicionado e seus parâmetros sensoriais.

A sexta sessão se trata da análise feita sobre os resultados obtidos, a análise foi feita tanto para o aspecto emocional, como para o sensorial.

A sétima sessão, e última, se trata da determinação de uma proposta para modelo de ar-condicionado considerando os aspectos *Kansei* analisados na quinta sessão do trabalho.

Ainda, ao fim do trabalho, a conclusão que traz propostas de trabalhos futuros e os resultados de forma sucinta.

2 CONFORTO TÉRMICO

No capítulo em questão serão abordadas definições, cálculos e discussões acerca do tema Conforto Térmico.

2.1 CONFORTO AMBIENTAL

Conforto, pode ser entendido como estado de saúde, o qual é definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como sendo: estado de bem-estar físico, mental e social e não simplesmente a ausência de doenças ou enfermidades (OMS, 1946).

Existem processos que influenciam na determinação de um ambiente como sendo confortável ou desconfortável.

- Processos físicos, que consideram o organismo humano, seus cinco sentidos e o contato do ambiente com os mesmos;
- Processos psicológicos e culturais, os quais não são mensuráveis diretamente, e influenciam na percepção e definição do que seria considerado confortável.

A análise pelo foco dos processos físicos é facilmente explicada, já que se baseia em aspectos fisiológicos, e em como funciona os sentidos humanos com relação ao meio em que atua. Sendo assim, o conforto ambiental pode ser subdividido em outras classes de conforto, algumas delas são:

- Conforto Térmico;
- Conforto Acústico;
- Conforto Antropométrico;
- Conforto Olfativo;
- Conforto Tátil;
- Conforto Visual.

Dentro do conceito de Conforto Ambiental, a Ergonomia possui grande semelhança em como proporcionar conforto, ao se preocupa em projetar baseando-se nas dimensões do corpo humano, ou pensando em como esforços repetitivos podem ocasionar algum malefício. A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, apud Vidal, 2000) descreve, em 2000, que a ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade nele existente às características, habilidades e limitações das pessoas, objetivando desempenho eficiente, **confortável** e seguro.

No presente trabalho, a conceituação do Conforto Térmico é a de maior importância e, portanto, será a mais aprofundada.

2.2 CONFORTO TÉRMICO

Por Conforto Térmico entende-se: “Condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico e é obtido por avaliação subjetiva” (ASHRAE 55, 2004 apud Fabbri, 2015). Essa conceituação deixa claro como o estudo de conforto térmico acaba objetivando descobrir novos fatores que possam influenciar nessa percepção subjetiva do ser humano ao ambiente térmico.

Como prova disso, foram criados índices que podem traduzir dentro das fórmulas de transferência de calor e massa essas influências, como exemplo, os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*) que dão um parâmetro de nota associada à sensação térmica de determinado ambiente, e ao desconforto, quanto a uma porcentagem de determinada população em interação com o ambiente térmico. Tanto o PMV como o PPD são índices estudados na ISO 7730/94 como forma de analisar numericamente o conforto térmico.

A norma ASHRAE-55 descreve que para manter a homeotermia, o ser humano interage de forma complexa com o ambiente através de troca de calor, seja por convecção, condução ou radiação. Alguns fatores contribuem para intensificar ou reduzir essa troca: vestimenta; fatores fisiológicos (atividade, idade, estado da saúde, gênero); e fatores ambientais.

Já que o ser humano é homeotérmico, busca naturalmente mecanismos para manter sua temperatura a, aproximadamente, 37°C. A sensação de calor ou frio se dá devido o desequilíbrio em manter essa temperatura. Se a sensação passa a fugir da neutralidade, como consequência, tem-se perda de eficiência no trabalho e, às vezes, problemas de saúde.

Fanger declara em seus estudos que o conforto térmico é definido pela interação de seis parâmetros, os quais são estudados e dimensionados para se desenvolver um ambiente adequado termicamente (Epstein e Moran, 2006). São eles:

1. Temperatura de Bulbo Seco (DBT, *Dry Bulb Temperature*);
2. Temperatura Global de Bulbo Úmido (WBGT, *Wet Bulb Globe Temperature*);
3. Temperatura Radiante Média (MRT, *Mean Radiant Temperature*);
4. Velocidade do ar;
5. Taxa de metabolismo;
6. Vestimenta.

Para descrever tecnicamente o Conforto Térmico, normas como a ASHRAE 55 e ISO 7730 são utilizadas como referência mundial, e reúnem conceitos já bem definidos no campo AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado).

2.2.1 Sentidos Humanos e Termo Regulação

A fisiologia se preocupa basicamente com as condições que mantêm a vida de um ser vivo. Quanto ao ser humano, alguns sistemas específicos permitem a interação com o ambiente:

- Sistema termo regulatório, que ajuda a manter adequada a taxa de metabolismo;
- Sistema respiratório, através do qual se percebe a qualidade do ar e níveis de poluição;
- Olho, que percebe também a qualidade do ar e temperatura, além de visualizar formas e cores;
- A orelha que permite a percepção dos sons, além do senso de equilíbrio.

Sabe-se ainda que os cinco sentidos básicos do ser humano permitem esse mesmo contato do homem com o meio. É através desses sentidos que o ser humano cria memórias, se adapta ao meio e sente satisfação.

O principal órgão ligado a termo regulação é a pele. Mesmo órgão que permite sentir pressão, por pressão mecânica (toque), sentir temperatura (quente / frio) e também dor (nociceptor). A pele é constituída de epiderme, composta de células mortas em contato direto com o exterior, e a derme, a parte viva com receptores nervosos e glândulas.

Os sensores de temperatura distinguem-se em receptores de quente, para temperaturas variando de 38 até 43°C, e sensores de frio, para temperaturas entre 15 e 34°C. Os receptores de frio podem detectar a diminuição de 0,004 °C/s, e os receptores de calor a uma velocidade de percepção de temperatura de 0.001 °C/s. A glândula sudorípara (ou glândula termorreguladora de suor), é composto por 99% de água e 1% de eletrólitos, aminoácidos, e outras vitaminas.

O mecanismo de equilíbrio de calor e controle de temperatura é regulada pelo hipotálamo, que é ativado: por dilatação vascular e suor, no caso de excesso de calor; ou por estreitamento vascular e tremores, quando frio.

Os sentidos humanos que são de interesse para os estudos de AVAC, são principalmente (i) olfativo, localizado no interior da cavidade nasal, que permite o reconhecimento de odores e irritação devido a alterações da mucosa nasal; (ii) trato respiratório humano, que inclui as cavidades paranasais (seios), a faringe (garganta); e a cavidade oral ou parte do sistema respiratório, em contato direto com o exterior, através do qual ocorre a troca de ar entre meio interno e externo, caracterizado pela troca de massa (através da água em vapor, ar e moléculas de gás) e troca de energia (variação na temperatura de entrada e saída do ar e calor latente de vaporização do ar respirado); (iii) e, por fim, o tato, conforme mencionado anteriormente.

O sistema de termo regulação permite que a temperatura do corpo humano se mantenha a cerca de 37 ° C com mudança de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, e reage através do aumento da temperatura, no caso de intensa atividade metabólica, tais como infecções e outros fenômenos febris. O controle da temperatura pode ser realizado de duas maneiras:

- vasomotora, contra o calor e o frio, ativada por receptores térmicos;
- comportamental, com o aumento ou a diminuição da atividade metabólica, através trabalho mecânico, vestuário, etc.

2.2.2 Balanço de Calor do Corpo

A. P. Gagge, definiu o modelo de balanço de energia no corpo humano a partir de dois nós: núcleo, considerando o metabolismo; e pele, considerando essa uma interface de troca de calor entre núcleo e meio externo.

A temperatura do núcleo é constante e equivalente a $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Já o nó externo ou pele, possui temperatura variada indo de 45°C (na região do rosto, quando em febre) a 4°C (nos dedos das mãos). Considera-se que quando a temperatura do corpo fica abaixo desses valores ou muito acima, o corpo perde controle e passa a reagir de forma negativa.

Pode-se dizer que podemos aguentar até certo nível de temperatura ambiental a partir de dois pontos principais: (i) normalmente em temperaturas na faixa de -5°C (menos que isso ocorre congelamento) a 45°C (após isso ocorre insolação); (ii) a umidade relativa entre 40 e 70% para que ocorra adequadamente o processo de evapotranspiração. Em umidade menor que 40%, sente-se seca; ou acima disso a sensação de calor ou frio são intensificadas, assim, o corpo reage tentando aumentar a troca de calor por sudorese, que por sua vez não ocorre adequadamente já que o ambiente se encontra saturado e, então, a sensação térmica de calor aumenta.

Para calcular o balanço de calor corpóreo, modela-se o corpo humano como sendo um sistema aberto que troca calor com o meio, a fim de manter sua temperatura a 37°C . O calor produzido é dado por metabolismo basal (que permite o corpo manter-se vivo) e metabolismo muscular (trabalho mecânico).

Fanger define a seguinte equação para o balanço de energia no corpo,

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K = R + C \quad (2.1)$$

sendo:

H: produção interna de calor no corpo humano (metabolismo), ou ainda Taxa Metabólica (M) reduzida do trabalho externo (W) em W/m^2 ;

E_d : perda de calor pela difusão de vapor d'água através da pele;

E_{sw} : perda de calor por evaporação (em suor) na superfície da pele;

E_{re} : perda de calor latente na respiração;

L: perda de calor por respiração (seca);

K: transferência de calor da pele para a superfície externa da roupa (condução);

R: perda de calor por radiação a partir da superfície externa da roupa;

C: perda de calor por convecção a partir da superfície externa da roupa.

A equação é descrita por termos à esquerda da igualdade de K, que representam a variação de energia do núcleo até a pele; e termos à direita da igualdade de K, que representam a variação de energia a partir da pele ao meio externo, conforme Fig. 2.1.

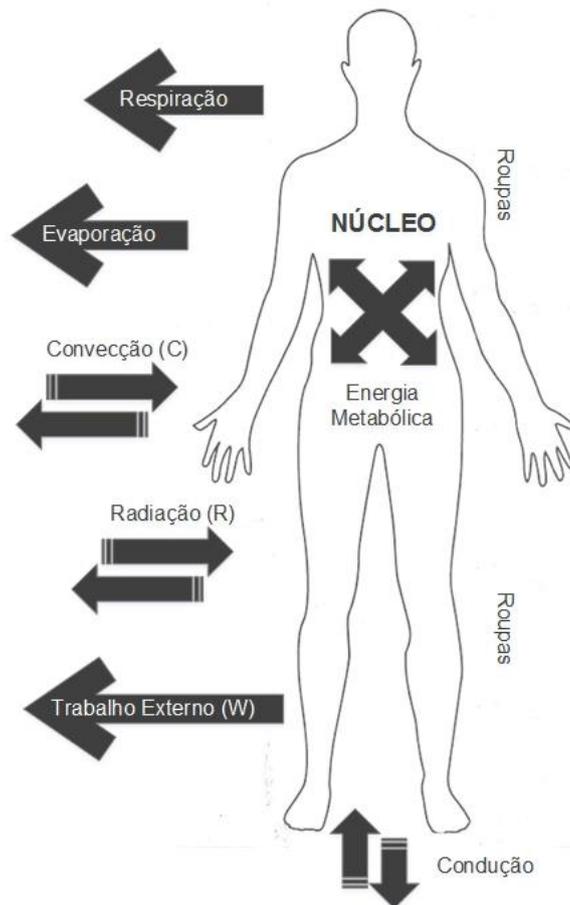


Figura 2.1 – Esquema de transferência de calor através do corpo humano.

Outra formulação interessante é dada pela ISO 11399 (*Ergonomics of the Thermal Environment*) a partir da atividade metabólica,

$$M - W = C + R + E + C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + S \quad (2.2)$$

sendo:

M: energia metabólica;

W: trabalho externo;

C: perda de calor por convecção a partir da pele;

R: radiação;

E: energia liberada por evaporação ou suor;

C_{res} : perda de calor de respiração por convecção;

E_{res} : perda de calor de respiração por evaporação;

S: taxa de armazenamento de calor.

Para cálculo da energia total, é necessário ter como referência um valor de área, já que nas equações a unidade de medida é energia por área. Uma aproximação adequada nesse caso é a expressão de DuBois,

$$A_{Du} = 0,202 \cdot m^{0,425} \cdot l^{0,725} \quad (2.3)$$

na qual:

A_{Du} : é a área superficial do corpo ou área de DuBois em m^2 ;

m: massa do corpo em kg;

l: altura do corpo em m.

Quanto às equações, pode-se ainda descrever melhor as variáveis, de acordo com as normas que possuem equações pré-estabelecidas e tabelas padronizadas.

A Taxa metabólica (M) pode ser calculada conforme ISO 8996 (*Ergonomic of the Thermal Environment: determination of metabolic rate*), norma que descreve metodologias mais simples e outras que consideram melhor precisão. A forma mais simples (*screening*), é dada pela atividade efetuada. O ANEXO A contém valores padronizados para a taxa metabólica e valores 'met'.

A unidade 'met' é utilizada para determinar a taxa de metabolismo, e simboliza o gasto energético para uma pessoa que esteja sentada ou descansando com roupas que não influenciem na variação da taxa (1 clo) e em um ambiente de 21°C, ou seja, taxa de gasto de energia mínima. 1 (um) met é equivalente a 58,15 W/m².

Outro método utilizado é o cálculo através do volume de oxigênio consumido, o qual é descrito conforme equações abaixo,

$$M = EE \cdot V_{O_2} \cdot \left(\frac{1}{A_{Du}} \right) \quad (2.4)$$

na qual:

EE: equivalente energético em Wh/l_{O₂}, equivalente a energia gasta no consumo de 1 l de oxigênio a 0°C e pressão de 101,3 kPa;

V_{O_2} : taxa de consumo de oxigênio em litros de O₂ por hora.

$$EE = (0,23 \cdot RQ + 0,77) \cdot 5,88 \quad (2.5)$$

$$RQ = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}} \quad (2.6)$$

RQ: quociente respiratório.

V_{CO_2} : taxa de consumo de gás carbônico em litros de CO_2 por hora.

A Perda de calor por difusão na pele (E_d , em W/m^2) ou Transferência de calor evaporativo (E) determina a quantidade de energia perdida através da pele por evaporação, calculado com relação ao volume de vapor de água dissipado através do suor,

$$E_d = \lambda_m \cdot A_{Du} \cdot (p_s - p_a) \quad (2.7)$$

as variáveis ' p_a ' e ' p_s ' são, respectivamente, pressão de vapor à temperatura ambiente, e pressão de vapor saturado na temperatura da pele (t_s), dados em kPa,

$$p_s = 256 \cdot t_s - 3373 \quad (2.8)$$

A temperatura da pele (t_s , em $^{\circ}C$) pode ter seu valor aproximado com base no valor de H ou (M-W),

$$t_s = 35,7 \cdot 0,027 \cdot (M - W) \quad (2.9)$$

onde λ_m é o calor de vaporização da água a $35^{\circ}C$.

O calor de vaporização é dado pela quantidade de energia absorvida por uma substância volátil, por unidade de massa, quando em processo de mudança de estado por evaporação ou condensação, e em condições de equilíbrio isotérmico e isobárico. Para esse caso, λ_m vale $2411,3 J$, e a Eq. (2.7) pode ser simplificada e medida em W,

$$E_d = 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot A_{Du} \cdot (p_s - p_a) \quad (2.10)$$

A Perda de calor por evaporação de suor (E_{sw} , em W) pode variar de $0 W/m^2$ a $400 W/m^2$ em casos de trabalhos extremos. Normalmente, ou em caso de trabalho moderado, este representa 25% da perda total de calor, ou ainda,

$$E_{sw} = 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \quad (2.11)$$

A Respiração latente (E_{re} , em W/m^2) depende da quantidade de energia e massa de vapor que é inspirado ou expirado. Seu cálculo leva em consideração a taxa de umidade do ar que flui no processo de respiração, conforme,

$$E_{re} = 1,72 \cdot 10^5 \cdot M \cdot (5867 - RH \cdot p_a) \quad (2.12)$$

para a qual, RH simboliza a Umidade Relativa (%).

A Perda de calor por respiração seca (L , em W/m^2) é dada pela diferença de temperatura entre o ar expirado (t_{ex} , em $^{\circ}C$) e inspirado (t_a), ou calor sensível,

$$L = 0,0014 \cdot M \cdot (t_{ex} - t_a) \quad (2.13)$$

$$t_{ex} = 32,6 \cdot 0,066 \cdot t_a + 32 \cdot W_a \quad (2.14)$$

em que 'c_p' é o calor específico do ar seco em pressão constante; 'W_a' é a umidade do ar inspirado (kg_{água}/kg_{ar}).

A Condução de calor através da vestimenta (K, em W/m²), basicamente calcula a transferência de energia entre o corpo e o meio ambiente (área que sofrerá troca de calor por convecção ou radiação) que passa através dessa interface de troca, a vestimenta. Essa variável pode ser descrita com relação à temperatura da pele (t_s), temperatura da superfície da roupa (t_{cl}) e pela resistência térmica total da roupa (I_{cl}) medido em 'clo'. Alguns valores padrões para o I_{cl} podem ser encontrados no ANEXO B.

$$K = \frac{(t_s - t_{cl})}{(0,155 \cdot I_{cl})} \quad (2.15)$$

Perda de calor por radiação (R) ocorre devido a diferença de temperatura entre a superfície externa da roupa (t_{cl}) e a temperatura radiante média das paredes no ambiente determinado (t_{mr}). O cálculo dessa variável é dado pela equação de Stefan-Boltzman modificada, considerando, por exemplo, a área efetiva entre a pessoa e o ambiente ao invés da área de DuBois, já que a área da superfície do corpo é bem menor que a área do ambiente; e a emissão média das roupas como 0,9. Temos então:

$$A_{eff} = A_{Du} \cdot f_{cl} \cdot f_{eff} \quad (2.16)$$

em que:

f_{cl}: razão entre superfície do corpo vestida pela área do corpo coberta (adimensional);

f_{eff}: razão entre a área de radiação efetiva no corpo vestido pela área do corpo vestido.

A temperatura radiante média (t_{mr}, em °C) é dado por

$$t_{mr} = \sum_n (t_n \cdot F_{p-n}) \quad (2.17)$$

a variável t_n é a temperatura isotérmica da superfície da sala ou ambiente com 'n' paredes; F_{p-n} é o fator angular entre o corpo e a parede 'n'.

Por fim a formulação para a perda por radiação (R, em W) é dada por

$$R = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot A_{Du} \cdot \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4 \right] \quad (2.18)$$

A Perda por convecção (C) depende de fatores como a área da superfície do corpo (A_{Du}), diferença de temperatura entre roupa (t_{cl}) e ambiente (t_a), e do coeficiente de transferência de calor convectivo entre ambiente e roupa (h_{cl}). Esse último, depende também do tipo de convecção, podendo ser por (i) convecção natural ou velocidades baixas do ar; ou (ii) alta velocidade do ar ou convecção forçada.

(i) O primeiro caso de cálculo do h_{cl} é dado por

$$h_{cl} = 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} \quad (2.19)$$

(ii) O segundo caso, convecção forçada, é dado por

$$h_{cl} = 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \quad (2.20)$$

para v_{ar} , velocidade do ar (m/s) se esta for menor que 2,6 m/s. Ou ainda:

$$v_{ar} = v_a + 0,005 \cdot \left(\frac{M}{A_{Du}} - 58,15 \right) \quad (2.21)$$

na qual, v_a é a velocidade do ar real, em m/s.

Assim, a Perda de calor por convecção, pode ser calculada por:

$$C = A_{Du} \cdot f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a) \quad (2.22)$$

Com as variáveis já descritas, podemos então fazer uma análise melhor da equação do balanço de energia corpóreo e redefinir a mesma de forma mais simplificada, até se obter a equação do Conforto Térmico, dada por:

$$\begin{aligned} (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W)] - p_a - [0,42 \cdot (M - W) - 58,15] \\ - 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - RH \cdot p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) = 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \dots \\ \dots \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4 \right] \cdot f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (2.23)$$

Caso a igualdade acima não seja conferida, ou seja, temos a situação em que pode ser calculada a carga térmica (CT) sobre o corpo, representada por esse gradiente de calor ou diferença entre o calor gerado pelo corpo e o trocado com o meio ambiente.

$$\begin{aligned} CT = (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W)] - p_a - [0,42 \cdot (M - W) - 58,15] \\ - 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - RH \cdot p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \dots \\ \dots \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4 \right] \cdot f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (2.24)$$

E os valores de f_{cl} são calculados conforme:

(i) Caso I_{cl} menor que 0,5 clo:

$$f_{cl} = 1,00 + 0,2 \cdot I_{cl} \quad (2.25)$$

(ii) Caso I_{cl} maior que 0,5 clo:

$$f_{cl} = 1,05 + 0,1 \cdot I_{cl} \quad (2.26)$$

2.2.3 Condições de Conforto

Para se estar em situação de Conforto Térmico, é necessário que se esteja em condição de neutralidade térmica, porém não é suficiente. Existem condições de desconforto localizado, como assimetria de radiação significativa ou estar andando sob um piso frio, e apesar de estar em neutralidade térmica, não sentir conforto térmico. Sensação de desconforto, pode ocorrer também em condições que a taxa de suor seja acima do esperado, por alguma anomalia, mesmo que a condição de neutralidade seja satisfeita.

Em suma, as condições necessárias para que se tenha conforto térmico são (i) neutralidade térmica; (ii) temperatura da pele e taxa de secreção do suor em taxas compatíveis com a atividade realizada; e (iii) ausência de desconforto localizado.

Dentro do domínio de desconforto térmico localizado, podemos definir algumas classificações de forma sucinta.

A assimetria de radiação térmica ou Radiação não uniforme, Fig. 2.2, pode ser causada por janelas frias, superfícies não isoladas, bocas de fornos e calor gerado a partir de determinada fonte que não abranja a totalidade do ambiente. Nesse caso, o desconforto se dá por essa fonte causar um diferencial de temperatura excessivo no corpo, e quanto maior a assimetria entre a temperatura ambiente e a temperatura da fonte, maior a insatisfação.

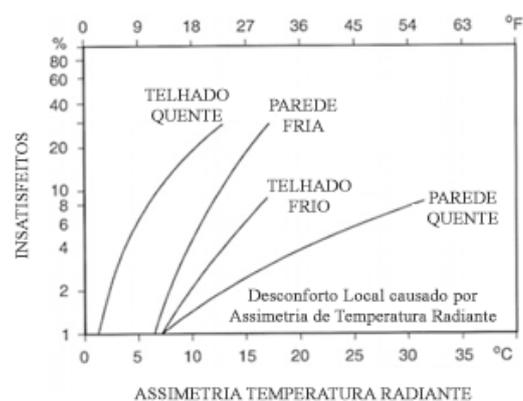


Figura 2.2 – Relação entre ocupantes insatisfeitos e assimetria de radiação térmica (Fabbri, 2015).

Correntes de ar, também podem produzir desconforto (Fig. 2.3), através do movimento do ar. Quando isso ocorre a primeira reação é aumentar a temperatura do meio ou desligar os mecanismos de climatização, porém isso pode causar maior desconforto.

A diferença vertical na temperatura do ar, se caracteriza pela diferença entre temperatura do ar nos pés e a temperatura do ar no nível da cabeça, mesmo que o corpo todo esteja em neutralidade térmica. Normalmente o desconforto se dá quando a cabeça está mais quente e os tornozelos mais frios que a

temperatura do resto do corpo. O oposto, pode incomodar, mas conforme Erikson (Lamberts e Xavier, 2002), as pessoas são mais tolerantes nessa situação.

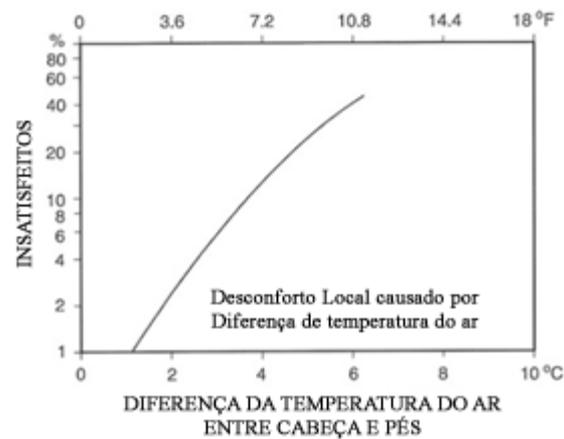


Figura 2.3 – Relação entre ocupantes insatisfeitos e diferença de temperatura vertical (Fabbri, 2015).

Quando em contato direto com pisos aquecidos ou resfriados, causado por características construtivas como material escolhido para o piso, contra piso, entre outros, o desconforto tende a ser evidente (Fig. 2.4). É natural pensar que se aumentada a temperatura do ambiente, o conforto poderia ser garantido, mas ocorre o oposto, já que na maioria das vezes o piso pode passar a se aquecer mais que o normal ou a diferença de temperatura entre meio e piso ser ainda mais acentuada.

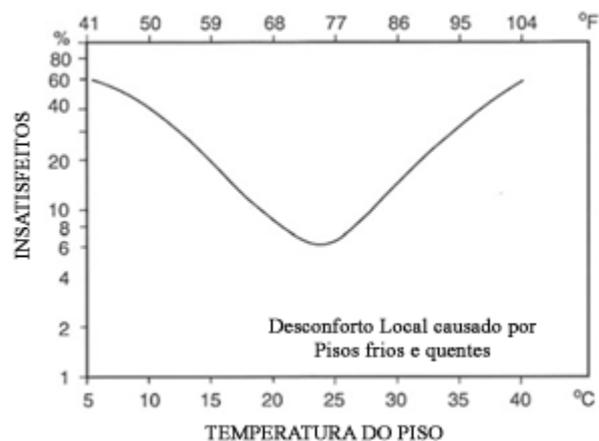


Figura 2.4 – Relação entre ocupantes insatisfeitos e temperatura do piso (Fabbri, 2015).

2.2.4 Índice PMV

O estudo de conforto depende muito mais do que de parâmetros físicos para se descrever uma sensação tão subjetiva. Para isso, as medições e cálculos contam com o suporte de Índices de Conforto (por exemplo, o PMV e PPD), os quais descrevem a relação entre o corpo e o ambiente de forma a complementar o objetivismo dos cálculos do balanço energético.

No estudo da qualidade e conforto de ambientes fechados quatro parâmetros físicos são importantes, inclusive para o cálculo do índice PMV (*Predicted Mean Vote* ou Voto Médio Estimado).

- Temperatura do Ar (t_a , °C) caracterizando a troca de energia térmica entre corpo e meio;
- Umidade Relativa (RH, %) caracterizando a troca térmica de massa e energia devido à perda de carga pela difusão através da pele (E_d), respiração e perda de calor latente (E_{re});
- Velocidade do Ar (v_{ar} , m/s) que caracteriza a troca térmica por convecção (perda de calor por convecção) entre corpo e roupas com o ar do meio;
- Temperatura Radiante Média (t_{mr} , °C) que descreve a troca de calor por radiação entre corpo e paredes a temperaturas constantes.

Além disso, dois parâmetros pessoais já mencionados são considerados: nível de atividade física realizado pelos ocupantes; e o tipo de vestimenta utilizado.

A escala padrão para definir-se o PMV é denominada escala de sete pontos, Fig. (2.6), desenvolvida por Fanger e utilizada até hoje, conforme ASHRAE.

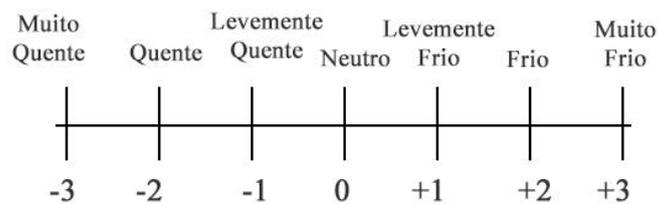


Figura 2.5 – Escala de sete pontos proposta por Fanger.

Dependendo da carga térmica à qual um corpo é submetido, este irá se adaptar de forma que sua temperatura média da pele e a taxa de suor mantenham a homeotermia. Isto faz com que a sensação térmica se modifique. Logo, existe uma relação entre a sensação térmica demonstrada por uma pessoa e a carga térmica à qual está submetida, que por sua vez, é influenciada pela produção de calor corporal interna.

O PMV, por tanto, é calculado com referência na carga térmica (CT) e a opinião das pessoas sobre a sensação térmica. Estudo desenvolvido por Fanger (Fabbri, 2015), no qual através de 1300 pessoas, foram obtidos dados sobre sensação térmica e outras informações a respeito do sistema termorregulador,

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot CT \quad (2.27)$$

ou de forma mais completa:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot \left[(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - RH \cdot p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4 \right] \cdot f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a) \right] \quad (2.28)$$

O uso do índice PMV como parâmetro de análise de Conforto Térmico é indicado quando estiver entre os +2 e -2. Outras condições em que o uso de PMV é interessante são:

- Taxa de metabolismo (M) = 46 a 232 W/m² (0,8 a 4 met);
- Resistência térmica da roupa (I_{cl}) = 0 a 0,310 m²·°C/W (0 a 2 clo);
- Temperatura do ar (t_{ar}) = 10 a 30°C;
- Temperatura radiante média (t_{mr}) = 10 a 40°C;
- Velocidade do ar (v_{ar}) = 0 a 1 m/s;
- Pressão parcial do vapor de água = 0 a 2700 Pa.

Por fim, o PMV pode ser determinado de três formas diferentes: (i) utilizando-se a formulação mencionada na Eq. (2.28); (ii) consultando-se tabelas contendo valores de PMV para diversas combinações entre taxa metabólica, vestimenta, velocidade do ar (vento), e temperatura operativa; (iii) ou por medição direta dos parâmetros de interesse com o auxílio de sensores ou sensor integrador.

A temperatura operativa representa uma temperatura uniforme de um ambiente radiante negro hipotético, onde um ocupante pode trocar energia por radiação e convecção equivalente a um ambiente real,

$$T_o = A \cdot t_a + (1 - A) \cdot t_{mr} \quad (2.29)$$

$$T_o = \frac{(h_r \cdot t_{mr} + h_c \cdot t_a)}{(h_r + h_c)} \quad (2.30)$$

aonde A varia de acordo com a velocidade do ar: igual a 0,5 se v_{ar} menor que 0,2 m/s; 0,6 se v_{ar} entre 0,2 e 0,6 m/s; ou 0,7 se v_{ar} entre 0,6 e 1,0 m/s. E h_c (coeficiente de convecção), h_r (coeficiente de radiação).

2.2.5 Índice PPD

A porcentagem de pessoas não satisfeitas com a condição de conforto é conhecida como PPD, *Predicted Percentage Dissatisfied* ou Porcentagem Prevista de Insatisfeitos. Esse índice é importante para se quantificar fatores pessoais e não-mensuráveis para a sensação térmica. Afinal, existem situações que são extremamente neutras para a grande maioria das pessoas, porém confortável e satisfatório para uma minoria.

A Figura 2.6 descreve a relação entre PMV e PPD, na qual fica evidente que jamais 100% dos ocupantes de um ambiente estará satisfeito, mesmo em PMV nulo, seja em condições térmicas ou visuais, dentre outras possibilidades.

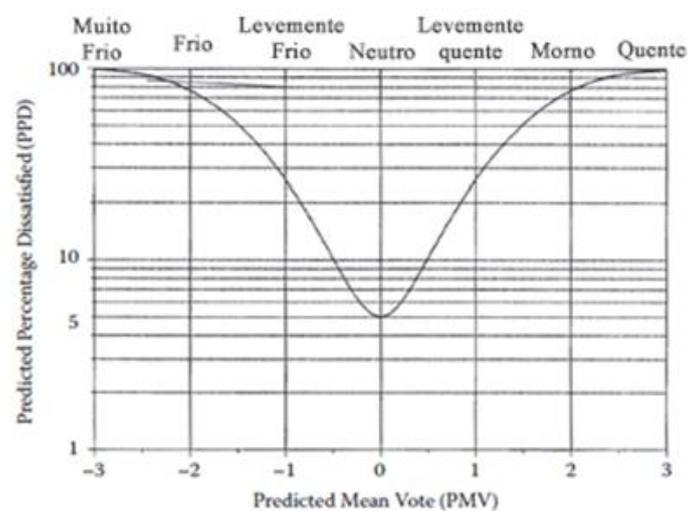


Figura 2.6 – Relação entre índices PMV, PPD e sensações térmicas (Ken Parsons, 2002).

Além do gráfico ilustrado acima, podemos calcular o PPD (%) através da Eq. (2.31) em função do PMV:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-\left(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2\right)} \quad (2.31)$$

O PPD é bem abrangente e pode ser utilizado comparativamente com outros parâmetros além do PMV, por exemplo, com relação a indicadores de CO₂, níveis de iluminação ou situações de desconforto local.

2.2.6 Instrumentos de Medição

Pode-se definir um ambiente como sendo homogêneo, caso a temperatura do ar, radiação, umidade e velocidade do ar sejam, simultaneamente, uniformes ao redor do ocupante. Caso isso não ocorra, o ambiente é considerado heterogêneo, e assim devem ser estudadas as possíveis situações de desconforto e, portanto, calculados alguns índices relacionados a este.

O cálculo dos índices PMV e PPD, até mesmo de outros índices para mensuração de Conforto Térmico de forma mais precisa, é necessário saber os valores de parâmetros que são requisitos nessas formulações. Para isso, são utilizadas ferramentas ou instrumentos de medição, conforme ANEXO C.

- O radiômetro de duas esferas, consiste em um equipamento composto de esferas com emissividades diferentes, sendo uma preta e outra polida. Através dele, e da diferença de temperatura entre as esferas, pode ser medida a temperatura radiante;
- Termômetro de globo negro, é frequentemente utilizado, e utiliza a temperatura de globo, temperatura do ar e velocidade do ar ao redor do globo, para calcular a temperatura radiante média.

A medição da temperatura radiante média também pode ser obtida através da temperatura radiante plana (t_{pr}); ou através da temperatura de superfície do ambiente ao redor do ocupante, que depende dos fatores de forma relacionados aos objetos no ambiente, e da emissividade das paredes. Em contrapartida, para medir a temperatura radiante plana podemos utilizar:

- Sensor aquecido feito de um disco reflexivo (dourado) e um disco absorvedor (em cor preta fosco). Os dois discos têm diferentes emissividades, a diferença de absorção de calor entre os discos para mantê-los em temperaturas iguais, dá como resultado a temperatura radiante média.
- O radiômetro de fluxo líquido, ou dupla face, utiliza a radiação líquida trocada entre o ambiente e a superfície do elemento e da temperatura superficial do radiômetro.

Quanto a umidade absoluta do ar, esta pode ser medida relativa à pressão de vapor de água. Sua medição pode ser feita diretamente a partir de instrumentos eletrolíticos ou de ponto de orvalho, ou indiretamente, medindo-se simultaneamente vários parâmetros, como umidade relativa e temperatura do ar, e temperatura de bulbo úmido. Normalmente, se utiliza o psicrômetro para se determinar a umidade a partir da temperatura do ar seco (t_{ar}) e da temperatura de bulbo úmido ventilado (t_{bu}).

A velocidade do ar é medida com o anemômetro, que pode ser bidirecional ou usando sensor em três direções. Esse instrumento é encontrado em diversas formas: anemômetro de tipo hélice e conchas; anemômetro de fio quente (*hot-wire*, mais comum), fio pulsado, ultrassônico ou laser-Doppler.

Por fim, a medição da temperatura da superfície pode ser feita com termômetros de contato (de resistência ou termopares), que são sensores colocados em contato direto com a superfície da parede, a temperatura é obtida a partir do calor transferido entre a superfície e o meio ambiente; e também por sensor infravermelho com radiômetros infravermelhos, que não precisam de ter contato direto com as paredes, medindo-se a radiação incidente, a qual inclui a radiação refletida e emitida.

2.3 CONFORTO TÉRMICO ADAPTATIVO

As instituições normativas constantemente revisam os padrões, e a busca por mais pesquisas e experimentos práticos é o que torna o conhecimento teórico mutável. É essa motivação que faz com que o estudo de Conforto Térmico seja analisado dinamicamente considerando outros parâmetros, como o comportamento humano além do fisiológico.

Por exemplo, a revisão da ISO 7730 leva em consideração variáveis dinâmicas, como a variação da temperatura do ar de acordo com a variação da velocidade do ar, e especialmente como os ocupantes de um ambiente se adaptam.

O Conforto Térmico Adaptativo está ligado ao comportamento das pessoas em relação a um microclima de um ambiente interno ou externo, para que a termorregulação ocorra mais dinâmica e rápida possível. Essa adaptação não se trata de mudar a vestimenta ou as atividades para que se tenha maior conforto, mas sim micro ações, que são determinadas para cada pessoa mesmo que em conforto térmico neutro (de acordo com o PMV).

Observa-se que a equação de balanço do calor não é mais suficiente, já que se trata de determinar conforto para pessoas, que são bastante complexas em suas percepções de espaço e, assim, acaba por desconsiderar variáveis psicológicas ou cognitivas.

Segundo Brag e De Dear (1998 apud Fabbri, 2015), o indivíduo responde a condições microclimáticas presentes num ambiente fechado ou aberto, de forma que as mudanças no corpo humano são contínuas, tanto metabólicas, comportamentais, relacionadas ao psicológico ou à vestimenta. Essas alterações podem estar também associadas a todos os indivíduos, que podem ser afetados de forma semelhante quando em regiões com características climáticas semelhantes.

O Conforto Adaptativo tem como objetivo o estudo do efeito de neutralidade térmica, condição parcialmente introduzida pelas normas já mencionadas. Enquanto o princípio adaptativo está para uma situação que exista desconforto por mudanças causadas, as pessoas tendem a reagir de forma a recuperar o conforto (Nicol et al. 2002; Humphreys e Nicol 1998; Humphreys 1973 apud Fabbri, 2015).

Quando relacionado a apenas ambientes fechados, a ideia de conforto varia de acordo com o contexto climático, por exemplo, em ambientes muito quentes a temperatura de conforto é sutilmente menor que a temperatura de operação (temperatura neutra), ou seja, as pessoas têm preferência por uma temperatura mais fria ou fresca.

As ações para tornar adaptável o ambiente de forma a obter conforto térmico, afetam a regulação da geração de calor interno (metabolismo), reduzem ou aumentam as perdas de calor corporal, e em relação ao corpo humano, enquanto num ambiente interno, é possível ajustar a temperatura, ou outras variáveis térmicas do ambiente, ou ainda agir de forma a modificar condições fisiológicas do corpo, como esfregar as mãos para esquentar e retirar algumas peças da roupa para resfriar.

É perceptível, então, que existe diferença entre a sensação térmica sentida e a desejada, num grupo de indivíduos. Atrelado a isso, está a ideia de que estar num ambiente de neutralidade térmica não

implica em conforto térmico por completo, exemplo disso são os casos de desconforto localizado, que podem também ser entendidos como desconfortáveis de forma pessoal.

Em suma, o Conforto Térmico Adaptativo se baseia em três diferentes ações tomadas pelas pessoas de modo a modificar o meio em que estão para torna-lo confortável: (i) adaptação comportamental, através de roupas, mudança na sua atividade, abrir portas e janelas, utilizar ventiladores; (ii) adaptação fisiológica por aclimatização (se acostumar com um ambiente térmico após estar exposto a ele por certo tempo); (iii) adaptação psicológica relacionada a condições de conforto em ambientes internos esperado pelos ocupantes e a tolerância desses comparada a mudança de temperatura.

A consequência do conceito adaptativo é a criação de sistemas bem diferenciados para climatização, ou de termorregulação ou qualquer sistema indireto que tenha como objetivo ajustar um ambiente ou indivíduo em uma condição de conforto.

O sistema de construções TABS (*Thermally Activated Building System*) permite que em um prédio que tenha um sistema de condicionamento do ar ou aquecimento, as pessoas possam abrir a janela ou modificar o meio de forma a reduzir a temperatura interna, ou seja, obter conforto de forma adaptativa.

Nessa situação, a distância entre o conforto sentido e desejado passam a ter uma distância reduzida, já que o ocupante tem total liberdade de modificar o meio em busca do conforto térmico para si. Conforme, Baker e Standevad (Fabbri, 2015), a oportunidade adaptativa é interpretada como habilidade de mudar o meio com ações simples como acionar ou desligar um ventilador, abrir uma janela ou simplesmente mudar a vestimenta padrão de um uniforme com liberdade de ser adequado para cada indivíduo.

Questionários de Avaliação de Construções em Pós-Ocupação (ACPO) são bastante úteis nesse campo de pesquisa. Para esses, são considerados: (i) receber informações como quando os níveis de temperatura são elevados durante o verão, ou questionar sobre alguma sensação em relação ao prédio; (ii) se as condições geométricas e físicas da construção são adequadas, ou saber o nível de controle que se pode ter comparado a ambientes microclimáticos internos (sistemas fechados).

Outro fator considerado pela hipótese adaptativa é o contexto histórico (Dear et al, 1997 apud Fabbri, 2015), dentre outros fatores específicos, tanto da construção como das pessoas que esperam determinado Conforto Térmico. Para esse caso, pessoas em climas mais quentes preferem temperaturas mais quentes dentro dos ambientes, ao contrário do que diz os padrões modelados sob o PMV/PPD.

Humphreys and Nicol (2000 apud Fabbri, 2015) determinam uma equação para a temperatura de conforto no ambiente interno como função da temperatura externa.

$$T_{\text{comf}} = 13,5 + 0,54 \cdot T_0 \quad (2.32)$$

Para T_0 , a temperatura média do ar mensal no ambiente externo. A Figura 2.7 ilustra a variação das temperaturas entre si e a porcentagem de satisfação.

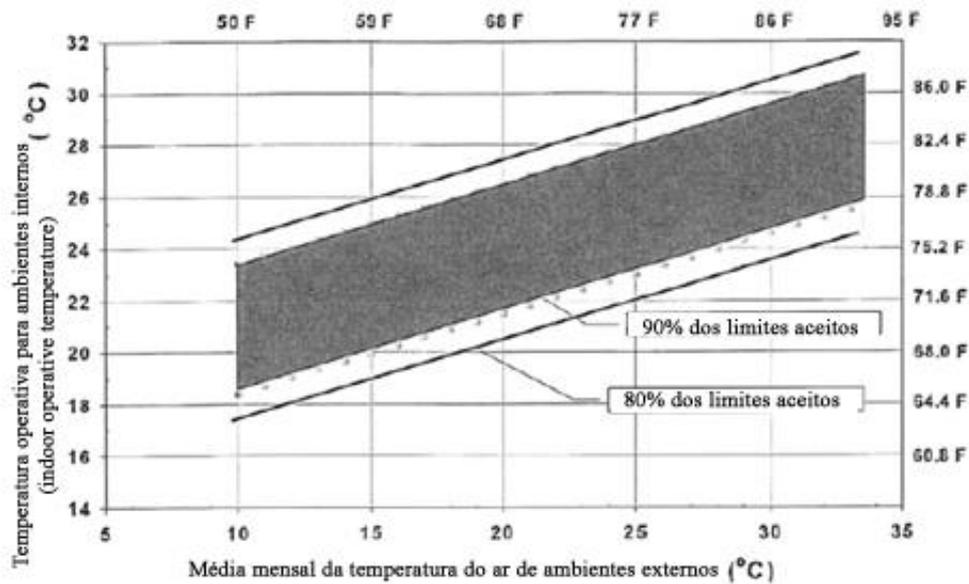


Figura 2.7 – Gráfico de Conforto Adaptativo (Dear e Brager, 1998 apud Fabbri, 2015).

Por fim, no conceito adaptativo, existem as ações adaptativas que requerem tempo para se adaptar a uma temperatura de conforto, ou seja, as estações climáticas mudam com relação ao tempo, além do próprio ambiente e das pessoas com seus organismos complexos, variando minuto a minuto. Fica claro, então, que o estudo adaptativo considera variáveis de forma dinâmica, o que torna o estudo de conforto térmico ainda mais completo.

3 KANSEI ENGINEERING

Neste capítulo serão introduzidos os conceitos da Engenharia Kansei, assim como classificações, metodologias e cases de interesse para o tema em questão.

3.1 KANSEI

A expressão Kansei, possui diversos significados, sendo de origem japonesa, a palavra simboliza sentimentos ou o ato de sentir: senso, sentido, emoção, sensação, afeição. Conforme o dicionário japonês, *Kansei* é uma palavra abreviada de *kanjusei*, que significa sensibilidade. Shütte (2002) define Kansei como “sensibilidade de um órgão sensitivo aonde a sensação ou percepção é tomada em reposta a estímulos externos”.

De acordo com a Sociedade Japonesa de Engenharia Kansei (JSKE, 2004), “Kansei é uma função integrada da mente, dependente de diversas outras funções durante o recebimento e envio de sinais. Filtrar, receber informações, estimar, reconhecer, modelar, se relacionar, produzir, dar informações, apresentar, entre outras funções, fazem parte do que se conhece por Kansei. Enquanto para Shimizu et. al (2004) Kansei não é apenas um processo interno, mas o tipo de processo que está constantemente em contato com o mundo externo captando informações, processando e refletindo de volta influências disso.

Kansei está associado a como as pessoas reagem ao meio, situações, objetos, ou até mesmo a outras pessoas. Quando um vendedor consegue captar as necessidades do cliente através de como ele se porta, esse nível de sensibilidade pode ser entendido como *kansei*. Um *designer* que busca adaptar um produto com base nas expectativas de um usuário, como modificando cores ou texturas, até mesmo odor, então este tem sensibilidade ou *kansei*.

3.2 KANSEI ENGINEERING

Entendendo Kansei como a ideia de sensibilidade, sentimento e emoção. A Engenharia Kansei (*Kansei Engineering*) relaciona áreas de estudo com o desenvolvimento de produtos, arquitetura, *design*, engenharias e ramos da psicologia, a fim de entender como o ser humano reage a determinados estímulos dados pelo meio externo.

Exemplo disso, é a cor das paredes de um ambiente, estimulando a calma. O *design* de um objeto mais curvilíneo, estimulando mais apreço pelo visual moderno, que pode ser de interesse para pessoas que tenham afinidade com esse aspecto visual. Um objeto com material de textura diferenciada, estimulando a pele a partir do momento em que toca a mesma.

Os cinco sentidos são estimulados de alguma maneira a partir de determinadas características do serviço ou produto, simultaneamente as emoções são estimuladas e, conseqüentemente, as pessoas passam a desenvolver ‘afeto’, daí a tradução para Engenharia Kansei como Engenharia Afetiva.

Os estímulos nos órgãos do corpo humano são capazes de gerar determinadas sensações, que mesmo negativas causam impacto sobre a memória. Se uma característica de um produto exerce estímulo de forma positiva, o usuário se sente estimulado a usar o produto, sente-se bem, e até mesmo indica a outras pessoas comentando sobre sua experiência com base em memórias vividas devido esses estímulos: visuais, olfativos, entre outros. Caso o contrário aconteça, o usuário passa a sentir repulsa ao vê-lo ou imaginá-lo.

Para isso, diversas áreas desenvolvem mecanismos que tornem possível essa interação do homem ao meio conforme suas necessidades fisiológicas e psicológicas. A arquitetura é associada aos sentidos de audição (na acústica), visual (cores, forma, disposição, iluminação), tátil (texturas e forma), olfativo (com aromas). No campo da engenharia se encontra a associação dos sentidos tátil (condução térmica, rugosidade, dureza dos materiais), auditiva (acústica, vibrações, ruídos), visual (propriedades reflexivas dos materiais) e olfativa (qualidade do ar, poluentes, detecção de contaminantes).

Nesse panorama, o estudo do Conforto Ambiental, e conseqüentemente do Conforto Térmico, vale de intersecção entre Engenharia e Arquitetura. O Conforto, de forma geral, abrange a ideia de como causar a sensação de satisfação no ser humano. Variando propriedades do ambiente é possível torna-lo mais confortável e causar estímulos positivos. Com isso, pode-se concluir que a Engenharia Kansei está ligada a diversos campos que se baseiam em sensações e emoções, ligando isso à diversas áreas de estudo, inclusive Conforto Térmico e Conforto Ambiental.

3.3 OS CINCO SENTIDOS

Para a Engenharia Kansei, conhecer e analisar os cinco sentidos (audição, visão, paladar, tato e olfato) são primordiais para o desenvolvimento de novas soluções.

Visão é sentida quando algo é visível aos olhos, e isso está relacionado com a forma, a cor, tom, luz, etc. Estes estímulos atravessam o globo ocular para tocar a retina; os sinais, em seguida, chegam ao lobo occipital e passar por algumas outras regiões antes de ser processado como Kansei no córtex pré-frontal.

As emoções são estimuladas através do toque, gosto e cheiro, e reforçadas por experiências da vida diária. Emoções compostas que combinam sensações (modalidades sensoriais), especialmente a visão, que domina 70% -80% de estimulação sensorial de grande impacto para o Kansei; por exemplo, a visão junto ao sabor, paladar ou visão junto ao toque. A dor de ser beliscado por alguém especial não será sentida como uma dor, e uma foto de um alimento delicioso é suficiente para nos fazer sentir como seria o bom gosto. Além dos cinco sentidos descritos acima, existe o receptor interno, o que nos dá uma sensação de algo por inteiro, mas não é associada a um órgão sensorial específico.

Mitsuo Nagamachi, explicou antes que Kansei é composto de visão, audição, olfato, paladar, tato, e um receptor interno. Experiências sensoriais são memorizados em conjunto com a memória de experiências tomadas naquele tempo, e eles são registrados como emoções.

A Figura 3.1 representa bem a ligação entre o estudo de Conforto Térmico e Ambiental com a Kansei Engineering.

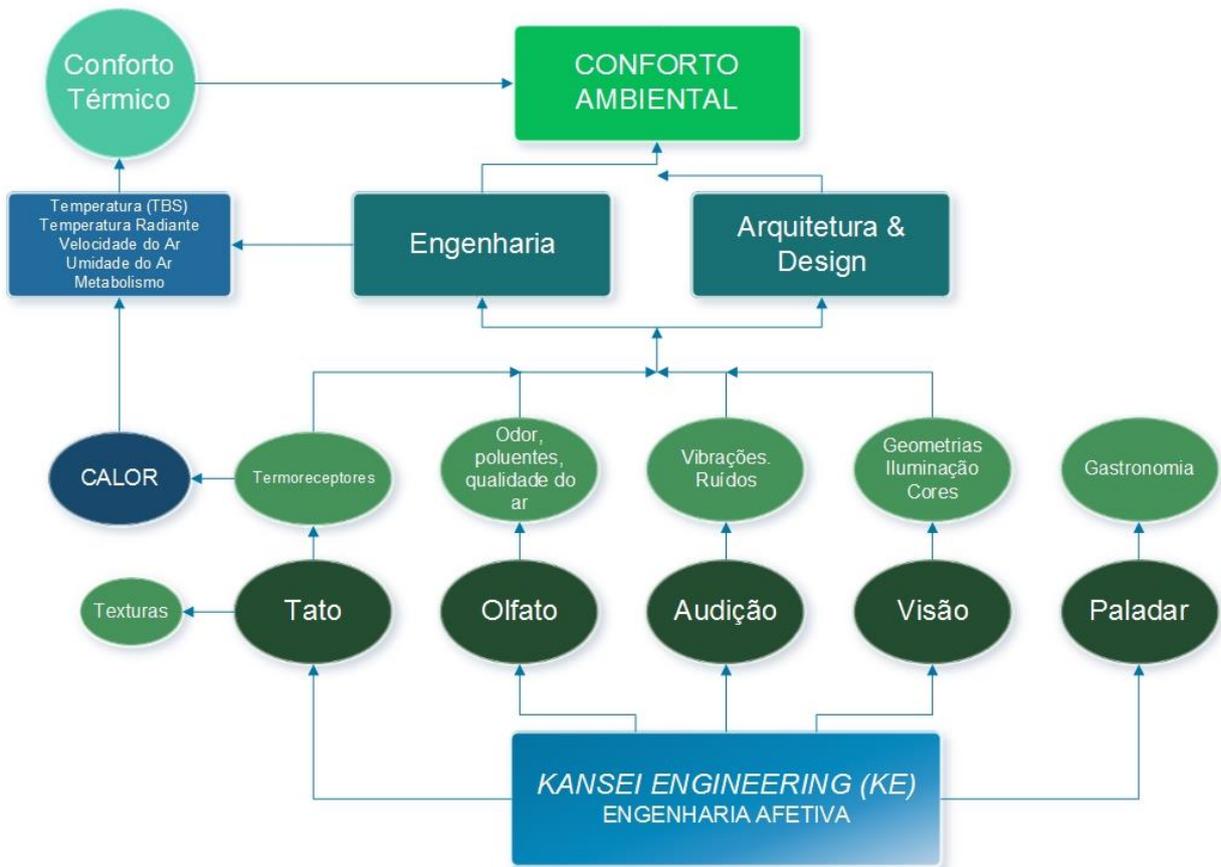


Figura 3.1 – Diagrama de relação entre Kansei *Engineering*, cinco sentidos, Engenharia e Arquitetura e o estudo de conforto ambiental e térmico.

3.3.1 Tato

Os corpúsculos sensitivos responsáveis pelo tato estão espalhados largamente na pele, nas mucosas e nas estruturas de muitas vísceras. Esses corpúsculos respondem pela percepção da forma, da temperatura e da consistência dos corpos, assim como acusam a dor ou o simples contato de qualquer objeto.

Os corpúsculos sensitivos localizados na pele são classificados em: corpúsculos de MEISSNER, de PACINI, de KRAUSE e de RUFFINI.

- a) Corpúsculo de MEISSNER: são superficiais e atuam como receptores das impressões de contato. Estes corpúsculos não estão distribuídos uniformemente, sendo mais numerosos nas superfícies palmares, nos dedos, nos lábios, etc.
- b) Corpúsculos de PACINI: localizam-se profundamente na pele, são ovoides e percebem os estímulos de pressão.
- c) Corpúsculos de KRAUSE: transmitem sensação térmica de frio. Estes corpúsculos são mais numerosos na derme da conjuntiva, na mucosa da língua e na genitália externa.

- d) Corpúsculos de RUFFINI: transmitem sensação térmica de calor. Está localizado no tecido subcutâneo e encontram-se por toda a parte, mas são mais numerosos no tecido conjuntivo subcutâneo profundo da superfície da planta do pé.
- e) Corpúsculos de MERKEL: são corpúsculos de MEISSNER rudimentares encontrados nas margens da língua, e provavelmente em outros epitélios sensíveis.

Conforme legislações, sabe-se que o corpo deve estar em condições adequadas de temperaturas limitantes para que não ocorra disfunção do organismo. No Brasil a NR 17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho, recomenda temperaturas efetivas entre 20°C e 23°C; umidade relativa do ar não inferior a 40%; velocidade do ar inferior ou igual a 0,75 m/s. Fora dessa faixa, temperaturas corporais acima de 40°C, fazem o corpo sofrer de hipertermia, e as proteínas e enzimas passam por um processo de disfunção; e abaixo de 20°C a pessoa tem o risco de que ocorra parada cardíaca irreversível, mesmo que menores que 35°C já causem hipotermia.

3.3.2 Audição

Quando um corpo qualquer está vibrando, o ar que está em volta também vibra. Essas vibrações são percebidas pelo ouvido humano, que é capaz de captar ondas com vibrações compreendidas entre 16 Hz e 20.000 Hz (ondas que se repetem de 16 a 20.000 vezes por segundo).

O ouvido humano é dividido em três regiões: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. A função básica dessas três regiões é transformar a energia das ondas sonoras em vibrações mais potentes a fim de serem captadas pelo sistema nervoso auditivo.

Para se garantir o conforto para o ser humano no sentido auditivo é ideal que se mantenham intensidades de som dentro de valores normatizados. Além disso, existe o problema do ruído que pode ser associado não somente à intensidade do som, mas também à altura ou frequência do mesmo. Existem sons que são pouco intensos, porém agudos demais e podem ser incomodo ao ouvido humano.

O nível de ruído entre duas pessoas conversando, está entre 30 e 35 decibéis. A Organização Mundial da Saúde defende que ao ouvido humano um barulho acima de 50 decibéis é considerado desagradável e, entre 65 a 70 decibéis o sistema auditivo começa a sofrer epidemias de ruído. Na natureza, poucos ruídos chegam ao valor crítico de 85 dB (no qual ocorrem degenerações no sistema auditivo), porém em ambientes como discotecas, pode chegar à intensidade de 130 dB.

Segundo, Sukhbinder Kumar em pesquisa divulgada pela BBC (2012), sons na frequência de 2.000 a 5.000 Hz são os mais desconfortáveis, mas ainda não está claro porque eles afetam mais o ouvido humano.

3.3.3 Visão

A visão é o sentido que está totalmente associado ao olho, órgão capaz de captar a luz e converter isso em imagens, composta de cores (diferentes frequências de luz) e diferentes intensidades de luz. A

percepção do mundo em torno do ser humano através da visão é de tamanha importância e influencia fortemente nos nossos sentimentos.

Segundo Lorenz (2000 apud Pais, 2011), "a visão é, dos 5 sentidos, o sentido que indiscutivelmente mais necessitamos para trabalhar. Assim, uma iluminação correta no local de trabalho tem particular importância, tal como têm mostrado numerosos estudos científicos, que apontam para uma estreita ligação entre a qualidade da iluminação e a produtividade, a motivação e o bem-estar no trabalho".

Veitch et al (2008 apud Pais, 2011) desenvolveu estudos que evidenciam uma relação entre as condições de iluminação e o bem-estar das pessoas. Os resultados obtidos revelam que condições de visibilidade adequadas aos espaços de trabalho de escritório facilitam o desempenho das tarefas visuais.

Ainda de acordo com Lorenz (2000 apud Pais, 2011), no mundo moderno, a iluminação de um espaço de trabalho deve, além de considerar aspectos quantitativos, promover os aspectos qualitativos que, ao longo do dia de trabalho, ajudem a criar estímulos e situações agradáveis.

É através da visão que o ser humano percebe elementos antes mesmo de senti-los com outros sentidos. Através desta pode-se influenciar as pessoas para que pensem que um objeto é mais áspero quando na verdade é muito macio e sedoso. Estimular o sentido do paladar através de uma imagem de comida apetitosa quando na verdade ela pode estar estragada. Por esse lado, o sentido da visão é uma porta de entrada para influenciar sensações e emoções, e por isso deve ser bem utilizado como recurso no planejamento de um novo projeto ou *design* de produto.

Para que isso seja realmente efetivo, é ideal que se tenham boas condições de iluminação, e ainda que se tenham boas condições de visão. Uma pessoa com deformações oculares como miopia e astigmatismo reagem de forma diferenciada, já que a depender da situação, são incapazes de visualizar detalhes que poderiam ser primordiais para influenciar um sentimento.

No quesito iluminação, conforme normatização europeia ISO 8995 (2002), O valor mínimo recomendado para a iluminância média nas tarefas de escritório: escrita, leitura e processamento de dados é de 500 lux.

3.3.4 Olfato

A área olfativa consiste de duas zonas, uma em cada cavidade nasal. A mucosa que reveste as cavidades nasais nas áreas olfativas constitui o epitélio olfatório ou olfato e é denominada mucosa pituitária.

A capacidade do ser humano de perceber diferentes odores e sua relativa intensidade é algo pouco compreendido. A variedade de odores é imensa e é impossível haver receptores especiais para cada tipo de odor, o que levou ao cientista, John Amoore (1960 apud Thiemann), ao conceito da existência de células olfativas especializadas somente para certos odores básicos e que, a razão da capacidade do homem em distinguir tal variedade de odores pode ser devida a várias combinações dos receptores dos odores básicos quando estimulados por odores complexos.

O sistema respiratório, associado ao sentido olfativo é de grande importância para causar boas emoções nas pessoas, memórias associadas a momentos especiais, e ainda para a segurança. É com esse sentido que se consegue detectar a presença de determinados gases nocivos à saúde.

Quando se trata do estudo de qualidade do ar para ambientes internos, um dos aspectos considerados é a qualidade quanto a presença ou não de poluentes. Essa presença é normalmente percebida pelo sentido olfativo que vai influenciar o indivíduo a se sentir confortável ou desconfortável em determinado ambiente. Uma fábrica que trabalha com óleos e álcoois de odor intenso, notoriamente tem impacto forte sob o olfato, e podem causar estresse ou, em casos drásticos, doenças por intoxicação a longo prazo. Enquanto, visitar uma loja que tenha um odor agradável, torna o consumidor mais distraído e confortável no ambiente, isso faz com que ele não perceba o tempo passar e que estar naquele ambiente é tão satisfatório que acaba por comprar produtos sem que eles o sejam realmente necessários.

3.3.5 Paladar

O paladar é o sentido responsável por detectar sabores, que podem ser classificados em: doce, salgado, azedo (ácido), amargo. Os demais sabores são combinações desses quatro, assim como ocorre no órgão olfativo. Os corpúsculos gustativos que se encontram distribuídos praticamente em toda mucosa bucal, que são responsáveis por essa detecção de sabores, consistência e forma, sendo, porém, encontrados mais frequentemente nas papilas fungiformes e valas da língua.

Cada corpúsculo gustativo apresenta uma pequena abertura que permite a penetração de substâncias, poro gustativo, que são constituídos por quatro tipos celulares: as células basais, as de sustentação (tipos I e II), e as sensoriais (tipo III). As papilas ainda podem ser classificadas em gustativas ou tácteis, o que permite a esse órgão não sentir somente sabores, mas aspectos sentidos pelo tato de forma sutil.

3.4 METODOLOGIA KANSEI ENGINEERING

Conforme Okamoto (2011), a Engenharia Kansei é uma abordagem estruturada para a identificação, categorização e tradução de necessidades profundas Kansei do mercado em elementos físicos de *design* ou requisitos técnicos, usando uma grande variedade de ferramentas quantitativas e qualitativas. O Diagrama na Fig. 3.2 descreve simplificada o processo de tradução dos sentimentos em elementos úteis para projetos.

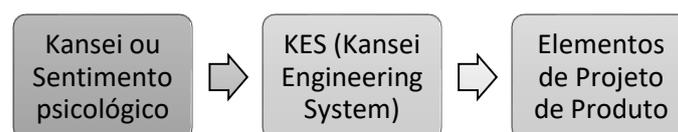


Figura 3.2 – Diagrama de processos para o Sistema de Engenharia Kansei (KES).

Segundo Nagamachi (2001 apud Shütte, 2002), com essa finalidade, o processo de KE para traduzir essas emoções tem como foco:

- Compreender com precisão o consumidor;
- Refletir e traduzir a compreensão do consumidor em *design* de produto;
- Criar um sistema e uma organização orientada com base na Metodologia da Engenharia Kansei.

A metodologia Kansei é aplicada com base em expressões psicológicas e fisiológicas do ser humano. Para se chegar às características que formarão o produto Kansei, existem diversas técnicas de análise da percepção emocional / sensorial. A partir dessa análise a pesquisa KE prossegue com a obtenção de termos (*kansei words*) para geração do novo produto ou serviço, conforme Fig. 3.3.

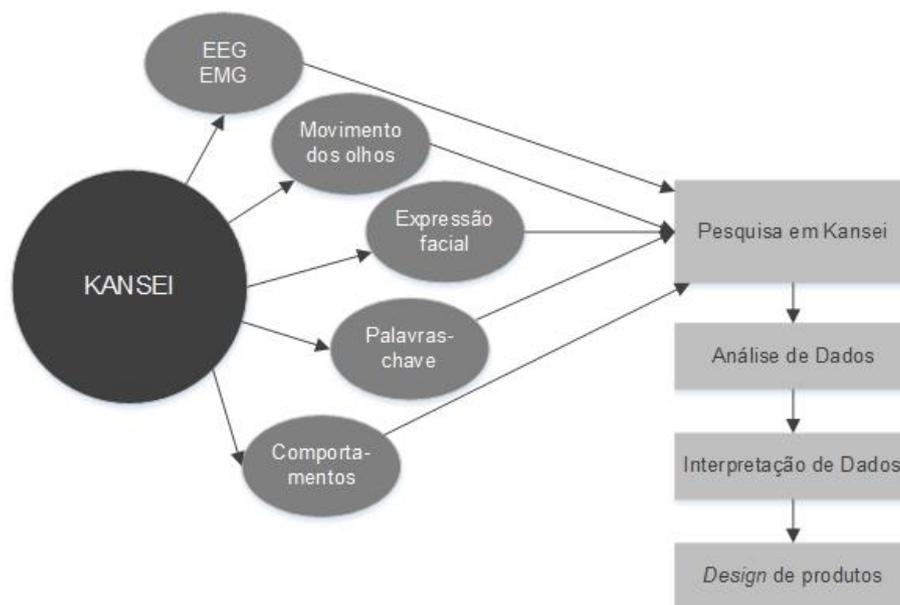


Figura 3.3 – Diagrama de caminhos para a metodologia KE (EMG: Eletromiograma; EEG: Eletroencefalograma).

3.4.1 Processo Kansei Engineering

Segundo Nagamachi e Okamoto (2011), a metodologia KE pode ser dividida nas seguintes fases:

1. (a) Seleção do domínio produto ou serviço e definição da estratégia, que inclui a seleção do produto ou serviço (já existente ou totalmente novo); (b) a definição do mercado e da concorrência atual com suas soluções, os segmentos de potencial de mercado, sentidos utilizado no estudo (visão, paladar, olfato, tato, audição) e suas combinações; e, finalmente, (c) a definição geral da estratégia e do plano do projeto. Esta fase deve incluir potenciais conceitos, bem como soluções ainda não existentes no mercado, a fim de cobrir um escopo maior do domínio.

2. Definição do espaço semântico e sua estrutura, que incluem a coleção de adjetivos que descrevem o domínio produto/serviço e as necessidades potenciais do Kansei, chamados *kansei words* (por exemplo: elegante, atraente, urbanístico, pesado, moderno); sua categorização, definição da estrutura hierárquica e coleta de dados. As palavras Kansei são escolhidas a partir de várias fontes, com base na opinião de especialistas, *designers*, usuários experientes, anúncios, revistas, ideias, observação direta e entrevistas. A lista pode ir de 50 a mais de 500 palavras Kansei e é comumente categorizado em uma abordagem manual ou estatística. Na forma manual, um grupo de especialistas organiza hierarquicamente as palavras *kansei* dependendo de quão específica ou geral o adjetivo é. As abordagens estatísticas incluem análise fatorial, análise de componentes principais, análise de cluster, entre outros. O objetivo principal é determinar as necessidades *kansei* mais representativas em palavras.

3. Definição de propriedades de produtos ou serviços: O objetivo é determinar as propriedades ou elementos de *design* (requisitos técnicos e de *design*) do produto ou serviço, que incluem a coleção de produtos existentes, a criação de novos conceitos, identificação de imagens e prioridades potenciais dos clientes e das empresas, assim como a definição de propriedades, elementos (atributos ou características) e categorias do *design*.

4. Coleta de dados: Esta fase é onde o espaço semântico ou as necessidades *kansei* são relacionadas com as potenciais propriedades de produtos ou serviços por meio de avaliações feitas pelos questionários aos utilizadores, observação direta ou medições fisiológicas. As necessidades *kansei* são variáveis de resposta e as propriedades potenciais ou elementos de *design* são as variáveis independentes do modelo.

5. Análise de dados: Os dados são analisados e podem ser processados através de metodologia manual, estatística (por exemplo, análise de regressão), ou metodologia não estatística, a fim de obter a melhor aproximação para a relação entre as necessidades *kansei* e os elementos de *design*.

6. Validação e construção de protótipos: Todos os resultados devem ser testados para a validação e discutidos com a equipe de especialistas (técnicos, *designers*, usuários avançados) antes de prosseguir para a construção de protótipos e testes de mercado, bem como o planejamento para os próximos processos de produção e introdução no mercado (fases de desenvolvimento e comercialização).

3.4.2 Tipos de Kansei Engineering

A Engenharia Kansei se apresenta de diversas formas, métodos, cada qual com sua utilidade. O que se diferencia entre esses métodos é basicamente o meio que se utiliza para a análise de dados e o nível de precisão. Alguns envolvem mais o uso de linguagens computacionais enquanto outros usam metodologia estatística mais simplificada.

Dessa forma, o KE pode ser classificado nos seguintes tipos:

a) KE Tipo I: Classificação de Categorias

É uma técnica para conceituação de um produto alvo, que associa a ideia subjetiva do Kansei (sensitiva) à ideia objetiva dos parâmetros de *design*. O procedimento envolve método de pesquisa

qualitativa com a utilização do diagrama de afinidades ou método KJ (*brainstorm* com as palavras kansei organizadas em grupos). O Mazda Miata, modelo de carro bastante reconhecido por seu *design*, foi um projeto que utilizou este método. (Nagamachi, 1999, apud Lokman, 2010).

b) KE Tipo II: Sistemas de Engenharia Kansei ou Sistema KE (KES)

O KES compreende bases de dados e mecanismos de inferência em um sistema informatizado que controla processos de interpretação dos sentimentos e emoções do consumidor para seleção de elementos perceptuais de *design*. Exemplo desse tipo de KE pode ser visto em sistemas de suporte para projetos de *design* de interiores (Nagamachi & Nishino, 1999 apud Lokman, 2010), arranjos de flores (Ishihara et al., 2007a apud Lokman, 2010), e um sistema de *design* de moda (Nagamachi & Lokman, 2009 apud Lokman, 2010).

c) KE Tipo III: Modelagem KE

Este tipo de KE utiliza modelagem matemática como lógica em um sistema informatizado. Isto é usado principalmente para lidar com a lógica *fuzzy* para formar a inteligência da máquina. Exemplo dessa aplicação são sistemas de diagnóstico de som por palavras (Nagamachi, 1993 apud Lokman, 2010).

d) KE Tipo IV: KE Híbrido

Este é um tipo de Sistema KE por KES Reverso e KES Progressivo para, então, formar KES híbrido. Este tipo de KE permite processos iterativos desde elementos de avaliação Kansei a elementos de *design*.

e) Tipo KE V: KE Virtual (VIKE)

Incorpora técnicas KE em Realidade Virtual, permitindo ao consumidor examinar o produto Kansei em um mundo virtual. Exemplo deste tipo de execução KE pode ser visto no *design* de armário de cozinha pela empresa Matsushita Electric Works (Enomoto et al., 1993 apud Lokman, 2010).

f) KE Tipo VI: KE Colaborativo

Neste tipo de KE, os *designers* e ou consumidores em diferentes lugares utilizam um banco de dados Kansei e colaboram simultaneamente através de uma rede para desenvolver um novo *design* de produto. Exemplo deste tipo é o *Collaborative System Design Internet* (Ishihara et al., 2005 apud Lokman, 2010).

g) KE VII: KE Simultâneo

Nesse tipo de KE, representantes de diferentes departamentos em uma empresa se unem e realizam a avaliação e análise Kansei de determinado produto. Ele também pode ser feito através de um grupo de *experts* na área relacionada para desenvolver um conceito de *design* de produto alvo. A abordagem permite que a perspectiva holística do *design* de produto, por exemplo com a junção do ponto de vista de engenharia para a qualidade ao ponto de vista do *marketing*.

h) KE Tipo VIII: KE

O melhor tipo para lidar com dados Kansei ambíguos e incertos (Nagamachi et al., 2006 apud Lokman, 2010). Utilizando este tipo, características não lineares podem ser tratadas de forma independente e regras de decisão podem ser determinadas pelo significado do grupo em estilo *If-Then* (Nishino, 2005 apud Lokman, 2010). Exemplo do tipo pode ser visto no estudo para *design* de latas de cerveja (Okamoto, 2007 apud Lokman, 2010).

3.5 ESTUDOS DE CASO

Para melhor compreensão da Metodologia Engenharia Kansei, nessa sessão serão abordados alguns *cases* de diversos campos de estudo. A área é bastante abrangente, porém, ao final desses exemplos será possível notar a importância do uso da KE para a criação de novas soluções ainda mais atraentes e positivas ao usuário.

3.5.1 Refrigerador Sharp

Para fazer a coisa nova com base em engenharia industrial, Nagamachi monitorou a forma como uma dona de casa utiliza uma geladeira de duas portas cada dia. Ele organizou uma equipe composta por seis *designers* do sexo feminino e monitorou essas casas com uma câmara de vídeo. Já que refrigeradores de duas portas eram comuns naqueles dias, a câmara foi instalada em frente da geladeira e continuou gravando por 2 horas, enquanto uma refeição estava sendo preparada. Foram registrados o número de aberturas e fechamentos para as portas superiores e inferiores, bem como o principal item que havia sido retirado.

Os modelos de refrigeradores utilizados, tinham normalmente porta superior para a congelação de alimentos e de fabricação de gelo, enquanto que a porta inferior era utilizada para o prato a ser preparado nesse dia. Nagamachi, descobriu que a abertura e fechamento da porta inferior representou 80% do total de vezes que as portas foram abertas e fechadas. A maioria dos casos foram para pegar legumes, tofu, ovos e outros materiais destinados a utilização imediata na cozinha. Em resumo, o resultado desta investigação concluiu que a dona de casa sempre se curvava para abrir a porta inferior para tirar esses ingredientes.

Para abrir a porta inferior da geladeira para tirar legumes, por exemplo, a pessoa precisava dobrar seus joelhos e quadris, utilizando quatro a cinco vezes a energia utilizada em uma posição ereta. As donas de casa estavam sempre em uma postura difícil, mas não reclamaram sobre isso, então o engenheiro e *designer*, que foram designados para estudar o aspecto emocional, precisavam cuidar da postura de flexão e alongamento, mesmo que não fosse queixado pelos clientes.

Como um trabalho colaborativo, o novo grupo de desenvolvimento de produto e *designer* mudou a posição de porta inferior para a posição de porta superior, e a posição da porta superior para a posição inferior da porta. A postura difícil foi evitada, e isto tornou-se o novo *design* de refrigeradores empregado pela Sharp. Para que os usuários se sentissem ainda mais felizes, uma investigação sobre o

que estocar na geladeira foi feito e desenvolveu-se um mecanismo para permitir que houvesse controle da temperatura correspondente ao armazenamento de compartimento. O compartimento superior do frigorífico é o compartimento de armazenamento para tofu, ovos, cerveja, etc., com 2-5°C. O compartimento inferior é dividido em duas partes de armazenamento: o compartimento congelador contém armazenamento superior e inferior, de modo que a temperatura pode ser ajustada de acordo com os diferentes alimentos congelados.

Ainda no vídeo, uma pessoa removia carne congelada, colocava sobre uma mesa, e depois saía, permitindo-lhe manter o seu gosto. As temperaturas foram estimadas e uma zona refrigerada foi inventado e colocado entre o congelador e os compartimentos do refrigerador. Com a faixa de 0-2°C, mantém o sabor de carne e peixe.

Com essas melhorias, não era mais necessário que as donas de casa movimentassem de forma inadequada, por exemplo, se dobrando frequentemente sobre sua cintura.

A partir de 1979, a Sharp fabricou o novo tipo de geladeira por um tempo, conforme Fig. 3.4, mas logo depois Hitachi, Toshiba, Matsushita entre outras empresas começaram a fabricá-lo também. Atualmente, modelo semelhante, agora mais difundido mundialmente, sofre novas adaptações em busca de atender as necessidades de segurança demandadas por países que sofrem com terremoto.

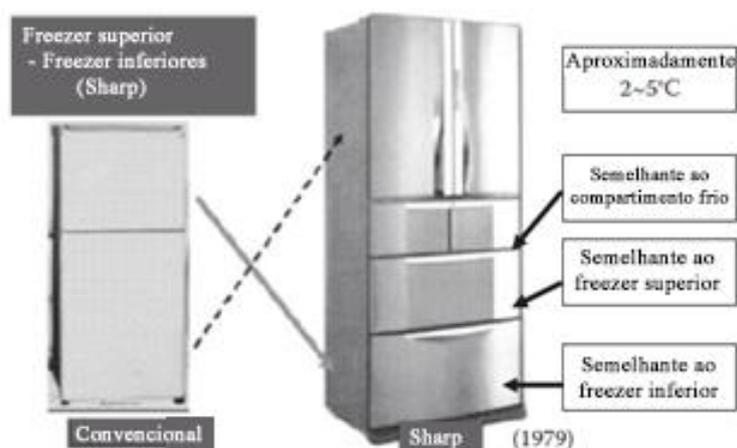


Figura 3.4 – Novo modelo de refrigerador com mais compartimentos independentes pela empresa SHARP (Nagamachi, 2015).

3.5.2 Boeing 787

Baseado em sua experiência com projetos de *design* de interiores como o projeto do Mazda Miata, Nagamachi e sua equipe trabalharam colaborando com Glenn Mazur para fazer melhorias no *design* interno do modelo 787 de aeronaves da Boeing.

O projeto Mazda Miata, foi feito considerando 10 unidades do carro, organizados com ajuda de uma empresa de aluguel de automóveis para que fossem feitos questionários com 50 usuários a fim de obter cerca de 30 palavras *kansei* (*kansei words*). As informações são recolhidas e então é feita análise estatística com metodologia definida pela Engenharia Kansei. Porém para o caso da Boeing, esse processo era fora de cogitação, já que ter disponível 10 modelos da aeronave seria impraticável para a pesquisa. Com essa particularidade, Nagamachi define 5 passos para aplicar a KE para *design* do interior do Boeing 787:

1. Após explanar os princípios da Engenharia Kansei e seu funcionamento de forma simples, é requerido que se obtenha dos passageiros, que frequentemente utilizam determinado modelo de aeronave, palavras *kansei* as quais representam sensações e sentimentos em relação ao visual interno do avião.

2. Obter diversos modelos para o *design* (imagens com características diferentes para que possa ser definido posteriormente mudanças pontuais no visual da aeronave) e transformar as informações associadas ao projeto em características físicas.

3. Avaliação dos modelos pelos passageiros frequentes, usando as palavras *kansei*.

4. Determinar por análise estatística a relação entre as características físicas do projeto e as palavras *kansei* (análise multivariada na maioria dos casos).

5. Criar um novo *design* com referência nas características físicas mais relevantes para as palavras de sensibilidade que se deseja alcançar.

As perguntas feitas aos usuários com relação ao interior da aeronave foram, por exemplo, que tipo de forma, cor, mobiliário, espaço, etc. Em seguida, seriam escritas as condições físicas desejáveis. Com base neste referencial, *designers* foram encarregados de retratar o interior da aeronave de várias maneiras para completar a análise Kansei.

Através da Boeing, formou-se uma equipe de pesquisa em engenharia Kansei formado por: Glenn, como o *designer* e engenheiro ‘humano’, engenheiro de construção de aeronaves da próxima geração, um psicólogo, um *designer* industrial, um engenheiro e um técnico estatísticos.

Os termos selecionados e a análise Kansei seguem a ideia em que é determinado um conceito topo ao qual se deseja alcançar com mudanças a serem feitas. Então, o conceito topo é expandido em terminologias mais baixas, que seriam palavras *kansei* que de alguma forma estão ligadas ao conceito topo. Um exemplo prático é: tendo como objetivo o conceito “acalmar, relaxar”, expande-se essa ideia em termos mais simples que podem ser aferidos através dos usuários, com suas opiniões pessoais. Ao fim desse processo, está a cadeia de melhorias que serão feitas no *design* que podem ser mudanças no teto, iluminação, móveis, paredes, bancos, aromas, temperatura, etc.

No caso da Boeing, 4 casos foram criados a fim de que esses fossem julgados pelos usuários. 60 testadores foram escolhidos usando uma agência de recrutamento local para entrevistá-los. Além disso,

usando apoio de um técnico *in-house*, uma cúpula de tela tridimensional foi produzida e, como afirmado anteriormente, seis imagens foram capturadas e avaliadas por palavras *kansei*. Ao analisar estatisticamente os dados, optou-se por condições apropriadas ao ambiente com base nessas palavras.

As melhorias produzidas no *design* do 787 começam a partir da cabine de pilotagem, mudança no *design* da cozinha, cor do teto e corredores (Fig. 3.5a, b), aumento de janelas, entre outros, de forma que a emoção ‘relaxamento’ fosse primordial.

O projeto da Boeing 7E7 (787 Dreamliner) teve participação da BMW em seu *design* usando a metodologia KE. Janelas, com vista para o céu, ficaram maiores (Fig. 3.6), e agora poderiam ser clareadas ou escurecidas com tecnologia de gel de descoloração energizado injetado nas janelas, e que permitia escurecimento das mesmas sem utilização de cortinas, apenas com um botão.



Figuras 3.5 – (a) Entrada e (b) interior do Boeing 787 (Nagamachi, 2015).



Figura 3.6 - Janelas modificadas, agora com maior dimensão (Nagamachi, 2015).

4 METODOLOGIA

No presente capítulo será explanada a metodologia utilizada para se completar o objetivo de unir a visão Kansei Engineering aos estudos de Conforto Térmico.

4.1 VISÃO GERAL

O objetivo principal do trabalho, como foi proposto no capítulo 1, é unir dois campos de estudo bem distintos: Conforto Térmico e Metodologia Kansei aplicada à Engenharia (KE). Esse processo é detalhado nos seguintes passos (Fig. 4.1):

1. Referencial Bibliográfico e Teórico sobre as duas áreas de forma a explanar sucintamente como são compostos e conhecimentos necessários para efetuar a análise das informações obtidas com o trabalho;
2. Composição de questionários para serem aplicados em campo. Os questionários foram elaborados com o viés de Conforto Térmico Adaptativo, considerando modelos de questionários da metodologia KE. Nessa fase, ainda, foram determinadas instruções para a aplicação do questionário para minimizar erros e influências externas;
3. Aplicar os questionários em ambientes com grande quantidade de pessoas submetidas a situações semelhantes de conforto e desconforto ambiental e térmico.
4. Analisar os parâmetros físicos do ambiente e nos questionários deverão ser considerados o estado emocional e sensorial de todos os entrevistados;
5. Analisar os dados dos questionários quanto a: análise espacial do ambiente; análise térmica de conforto com base em PMV e PPD; e análise emocional com base na metodologia KE.

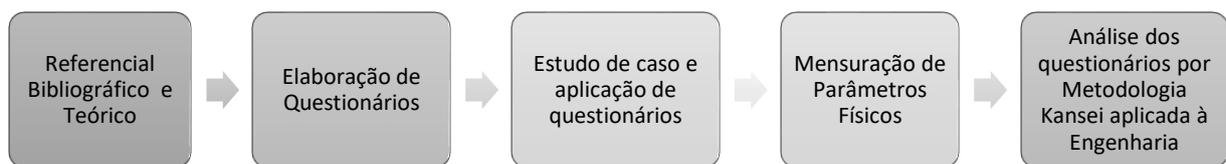


Figura 4.1 – Diagrama de processos para a metodologia utilizada no presente trabalho.

4.2 METODOLOGIA UTILIZADA

Para mensuração Kansei de um ar-condicionado foi seguida a metodologia Kansei Tipo I (Classificação de Categorias). Foi definido via questionário qual modelo de ar-condicionado era o mais utilizado numa população de 100 pessoas. Com isso em mãos, se pôde definir parâmetros Kansei de design para o projeto de forma a definir quais características tornariam o novo modelo de ar-condicionado mais desejado e mais agradável ao usuário, principalmente quanto às propriedades físicas e mecânicas.

Como mencionado anteriormente, a Kansei Tipo I é uma técnica para conceituação de um produto alvo, que associa a ideia subjetiva do Kansei (sensitiva) à ideia objetiva dos parâmetros de *design*. O procedimento envolve método de pesquisa qualitativa com a utilização do diagrama de afinidades ou método KJ (*brainstorm* com as palavras kansei organizadas em grupos) (Nagamachi, 1999, apud Lokman, 2010).

4.2.1 Objetivo

O estudo em cima de um projeto de ar-condicionado teve como foco desenvolver parâmetros físicos e visuais mais agradáveis ao usuário a partir da Metodologia Kansei Tipo I. De forma que ficassem definidos como os parâmetros afetam as pessoas e quais deles são realmente importantes para que sejam melhor estudados e desenvolvidos a fim de criar um ar-condicionado ideal.

4.2.2 Definições Iniciais

Para o estudo de caso, foi feito o primeiro questionário (percepção emocional) com 100 pessoas, via internet, com o objetivo de ter um panorama de como as pessoas respondem ao ar-condicionado. Pontos ainda observados nesse primeiro momento foram: (i) qual modelo mais utilizado de ar-condicionado disponível no mercado; (ii) idade média dos participantes; (iii) principais emoções nas quais as pessoas estão quando submetidas em um ambiente com ar-condicionado; (iv) ambiente aonde o ar-condicionado é mais utilizado; e (v) comentários acerca da sensação térmica desejada e sentida pelos usuários entrevistados.

Observando-se o principal modelo de ar-condicionado utilizado, definiu-se um novo grupo de entrevistados que foi submetido a condições semelhantes de parâmetros físicos para que fosse aplicado um segundo questionário quanto à percepção real do ar-condicionado, agora com maior uniformidade quanto aos dados.

A aplicação desse segundo questionário (percepção sensorial) foi feita em salas de aula da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, tendo em vista o fácil acesso aos entrevistados, e a existência de pelo menos um ar-condicionado do modelo *Split*. A sala utilizada possui tamanho de 9 x 9 metros (81 m²) com 54 cadeiras disponíveis. A Figura 4.2 ilustra a disposição ambiental da sala.

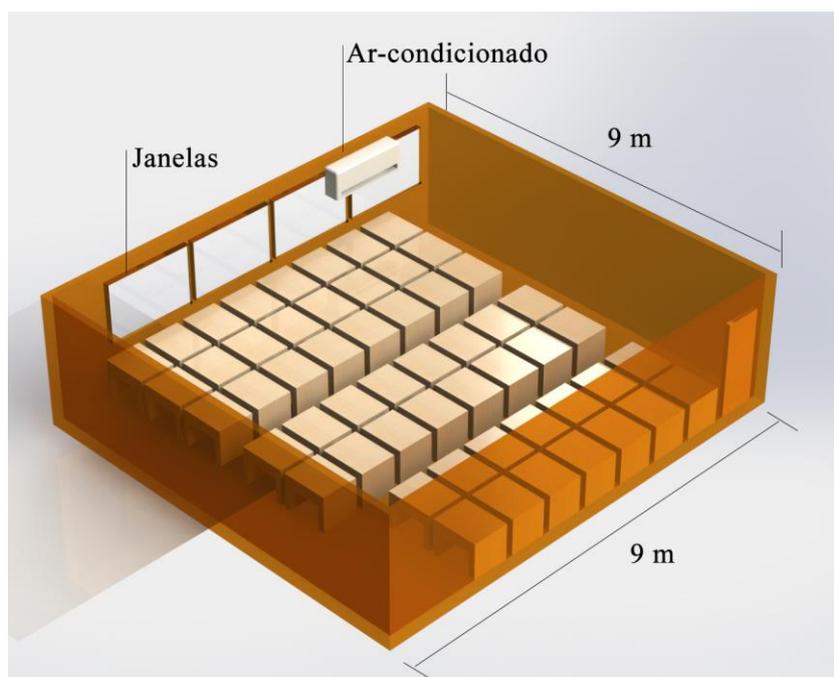


Figura 4.2 – Ilustração da sala de aula utilizada para entrevista.

O momento da aplicação foi após o horário completo de uma aula, normalmente com duração de 1 hora e 50 minutos, após todos os usuários estarem adaptados ao ambiente climatizado. A climatização analisada foi para uma média de temperatura de *setting* do ar-condicionado no valor de 21 °C, com aletas desligadas (*swing* no modo *off*), e a configuração do ‘modo’ e da intensidade da corrente de ar em automático. Como o questionário foi aplicado ao final da aula, o ar-condicionado e o ambiente, também, já se encontravam numa condição de equilíbrio térmico.

O ar-condicionado que estava instalado no local investigado foi um modelo BOSCH ACST COM 22 FM (Fig. 4.3), com capacidade de 22.000 BTU/h.

Posicionado conforme a Fig. 4.3 ilustra, acima das duas últimas fileiras da sala.



Figura 4.3 – Modelo de condicionador de ar BOSCH ACST COM 22 FM.

Obtidos os dados estatísticos para esse questionário, conseguimos aferir qual aspecto do ar-condicionado tem um peso maior para os usuários, seja ele um aspecto visual ou mecânico. O foco foi determinar quais parâmetros mecânicos devem ser adaptados de forma a criar um modelo novo de ar-condicionado ideal para os usuários questionados considerando os cinco sentidos como base.

4.2.3 Cuidados

Para abordagem do questionário, foram escolhidos locais que tinham uma quantidade de pessoas mínima de 10 pessoas e que estivessem sob condições de conforto ambiental semelhantes. Assim foi possível determinar a influência da variável sensorial individual. Quanto mais indivíduos estiverem no local, mais confiáveis serão as informações obtidas.

Alguns locais desejáveis para o trabalho são: salas de aula, escritórios, *call-centers*, quartos e salas de TV, e cinemas.

Locais mais amplos devem ter a medição dos parâmetros físicos em mais pontos, já que nesses casos é mais difícil a obtenção dos mesmos com poucas medições.

A existência de uma população que esteja submetida em condições iguais, julgando um modelo idêntico de ar-condicionado torna a obtenção de dados mais confiável.

Não existem restrições quanto à população entrevistada, essa apenas deve estar exposta às condições de climatização por pelo menos 15 minutos, conforme ASHRAE 55 (1992 apud Lamberts, 2002) indica.

A mensuração dos parâmetros físicos deve ser sempre feita a fim de reforçar o comparativo do fator sensorial à sensação térmica. É importante a captação dos parâmetros mencionados anteriormente, pois com esses dados é possível estimar qual condição de PMV e PPD estaria associada a esses valores e, então, confirmar se o lado emocional tem influência em peso sobre os valores desses índices.

4.3 QUESTIONÁRIO: PERCEPÇÃO EMOCIONAL

Como mencionado na sessão 4.2.2, o primeiro questionário visava determinar um foco para a pesquisa com base na percepção sensorial dos usuários de mecanismos de ar-condicionado. Num meio de variados modelos de ar-condicionado, não seria viável estudar todos já que a grande maioria da população se interessa por principalmente um modelo. Esse modelo, nas condições determinadas pelo resultado do primeiro questionário, foi o selecionado para ser melhor analisado conforme Metodologia Kansei.

O primeiro questionário se trata de analisar a percepção das pessoas de acordo com o que elas recordam. Elas não estão exatamente no local onde têm mais acesso ao ar-condicionado, mas é pedido no questionário que respondam se imaginando no local e imaginando a sensação que normalmente sentem em determinado local.

Essa analogia parece um pouco incerta já que estamos analisando algo que precisa do uso da memória dos usuários de ar-condicionado. O efeito do questionário acaba sendo limitado então aos itens que serão determinantes para o segundo questionário, também mencionados na sessão 4.2.2.

4.3.1 Dados Pessoais

O questionário foi dividido em algumas sessões. A primeira parte consta na coleta de dados pessoais como: gênero ao qual pertence, idade, local no qual reside, e ainda, palavras relacionadas a emoções e sentimentos ao qual está submetido no começo do questionário. Essas informações, deviam ser dadas o quanto antes, principalmente quanto às emoções, já que nesse trabalho, o objetivo é demonstrar a influência que o lado emocional e as percepções quanto aos sentidos podem causar na sensação térmica de um local. Ainda nessa fase do questionário, foi definido qual modelo de ar-condicionado era utilizado pelo entrevistado.

4.3.2 Conforto Térmico

Em seguida, o questionário aborda a percepção do Conforto Térmico para ter noção da sensação térmica sentida pelos indivíduos. Nessa sessão, os usuários respondem quanto à percepção do que sentem no local em que geralmente possuem acesso ao ar-condicionado. Nesse questionário entram fatores como sensação de conforto, sensação de calor e frio, sensação térmica desejada, percepção quanto às correntes de ar e desconforto local quanto à diferença de temperatura entre cabeça e pés.

4.3.3 Percepção do Ar-condicionado

A última sessão aborda a avaliação do ar-condicionado quanto a fatores térmicos, visuais e sensoriais, sendo avaliadas algumas características, denominadas *kansei words* na Metodologia Kansei. Elas devem ser avaliadas numa escala de 1 a 5, entre palavras positivas e a característica oposta, por exemplo, se o ar-condicionado é silencioso ou barulhento (não silencioso), aonde 1 representa o mais barulhento, e 5 o mais silencioso. Para o projeto em questão, algumas palavras Kansei (*kansei words*) que são aplicáveis a um ar-condicionado estão apresentadas na Tab. 4.1.

Tabela 4.1 –*Kansei words* aplicáveis para um ar-condicionado.

No.	Kansei word	No.	Kansei word
1	Silencioso	6	Quente
2	Barulhento	7	Antiquado
3	Ar seco	8	Moderno
4	Ar úmido	9	Cheiroso
5	Frio	10	Malcheiroso

O questionário completo quanto à percepção emocional se encontra no ANEXO E. O qual foi utilizado como base para ser reproduzido em ambiente Google *Forms* e respondido por 100 participantes para um primeiro panorama quanto ao ar-condicionado e os variados modelos.

4.4 QUESTIONÁRIO: PERCEPÇÃO SENSORIAL

O segundo questionário para avaliação Kansei do ar-condicionado seguiu um foco proposto pelo questionário prévio (percepção emocional). Nesse questionário, os pontos definidos no fim da sessão 4.2 serão avaliados, de forma que pelo menos um dos parâmetros básicos do conforto térmico devia ser variado a fim de se obter como resposta o nível em que tais pontos afetam os usuários e qual condição seria ideal.

Esse questionário é composto de sessões semelhantes ao questionário de percepção emocional, porém se atentando às características Kansei definidas quanto ao aspecto sensorial do ar-condicionado e da sensação térmica no local.

4.4.1 Dados Pessoais

Nesse questionário, essas informações foram simplificadas já que a maioria dos dados que foram questionados no questionário prévio, já estavam definidas por ser um local escolhido para o projeto. Nesse caso, foi questionado apenas o gênero e a idade.

4.4.2 Conforto Térmico e Kansei *Check-list*

Num segundo momento, foi questionado quanto à distância que o usuário se encontrava em relação ao ar-condicionado analisado, podendo esta ser respondida numa escala de 1 a 5. A partir daí, as perguntas quanto à sensação e sensibilidade quando ao ar e a temperatura, assim como o conforto térmico, foram questionados.

Nesse ponto, foram usadas palavras Kansei que traduzissem o Conforto Térmico, a fim de obter mais informações além de apenas a sensação térmica e qual o nível de desconforto. A Tabela 4.2 abaixo, descreve as palavras Kansei utilizadas, e o questionário aborda essas palavras pedindo ao usuário que qualifique o ambiente na escala de 1 a 5.

Tabela 4.2 – *Kansei words* para o questionário final.

No.	Kansei word	No.	Kansei word
1	Refrescante	5	Quente
2	Relaxante	6	Boa distribuição do ar
3	Qualidade do ar (ar limpo, agradável)	7	Silencioso
4	Umidade (ar molhado)	8	Confortável / Agradável

4.5 MENSURAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS

A mensuração de alguns parâmetros básicos, incluindo alguns parâmetros termodinâmicos, foi feita no local aonde foram aplicados os questionários. Esta deve ser feita para que possa ser feito o cruzamento de informações Kansei e os dados termodinâmicos e, então, chegar a uma conclusão de quão importante é a influência das emoções e os cinco sentidos no campo do Conforto Térmico. As medições seguem a ISO 7726 (apud Fabbri, 2015) a qual deve ser obedecida para mensuração dos parâmetros em um microclima.

Os parâmetros que foram medidos são:

1. Temperatura de Bulbo Seco (DBT, *Dry Bulb Temperature*);
2. Umidade absoluta e relativa;
3. Velocidade do ar;

No ANEXO C, estão descritos os instrumentos indicados para medição dessas cinco variáveis (Fabbri, 2015), explanando a unidade de medida utilizada, sucinta explanação sobre a variável e o instrumento utilizado para a medição.

Os parâmetros foram medidos de forma a criar uma malha na sala de aula com distâncias semelhantes. Como no questionário foi definido a distância do ar-condicionado em uma escala de 1 a 5, dividiu-se a sala em uma malha que correspondesse às respostas, totalizando 20 zonas, numa malha 5x4. A Figura 4.4, ilustra essa malha de medição, aonde o valor dentro de cada célula representa a distância entre o ar-condicionado e o local de medição, em metros.

Um dos parâmetros de importância seria a Temperatura Radiante Média (TRM) a qual não pode ser mensurada devido à falta de equipamentos adequados. Outro parâmetro que foi importante ser mensurado, e vale ser mencionado, foi a distância dos pontos de medição para o ar-condicionado analisado.

AR COND. BOSCH	1,3	2,5	4,1	5,8	7,9	PORTA
	2,1	3,1	4,4	6,2	8,1	
	4,1	4,7	5,7	6,7	8,1	
	-	5,5	6,8	7,5	8,9	

Figura 4.4 – Malha com regiões para medição dos parâmetros.

4.5.1 Temperatura de Bulbo Seco (DBT) e Umidade Relativa

A Temperatura de bulbo seco e a umidade relativa foram ambas medidas com o equipamento Psicrômetro HT-270 (Termo-Higrômetro) Digital Portátil. Suas escalas de temperatura vão de – 30 a 100 °C, com precisão de $\pm 0,5$ °C. Quanto à umidade, sua escala vai de 0 a 100% UR (Umidade Relativa), com precisão de $\pm 3,5$ % UR. O tempo de resposta do aparelho é de 10 segundos, taxa de amostragem igual a 2,5 vezes por segundo. A Figura 4.5 representa o instrumento mencionado.



Figura 4.5 – Psicrômetro HT-270

4.5.2 Nível Sonoro

O nível sonoro foi mensurado para se medir qual a intensidade de ruído do ar-condicionado seria escutada pelo usuário. Para isso, foi utilizado um Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro, modelo THDL-400. Além da função de medição de nível sonoro, o mesmo mede temperatura, umidade e, também, intensidade de luz. Porém para nossa necessidade, foi feito o uso apenas para mensurar o nível sonoro nos 20 pontos.

A escala de para a configuração decibelímetro é de 35 dB a 130 dB, em 4 faixas, com precisão de $\pm 3,5$ dB. A Figura 4.6 ilustra o instrumento utilizado para tal medição.



Figura 4.6 - Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro THDL-400.

4.5.3 Velocidade do Ar

A velocidade do ar também é um parâmetro importante quanto à mensuração do conforto térmico, segundo Fanger. Para medição, usamos a mesma malha de distâncias mencionada na Tab. 4.9, contudo, apenas uma pequena região foi possível de medir a velocidade em valores bem pequenos.

O instrumento de medição para a velocidade do ar nesses pontos foi o Termo Anemômetro Digital Portátil de Fio Quente, TAFR-180. Suas escalas de velocidade são 0,2 a 20 m/s com precisão de $\pm 3\%$ mais um dígito e resolução de 0,1 m/s. A Figura 4.7 ilustra o equipamento utilizado.



Figura 4.7 - Termo Anemômetro Digital Portátil de Fio Quente TAFR-180.

4.5.4 Distância

A distância entre os pontos de medição dos parâmetros físicos e o ar-condicionado BOSCH, foi medida com um instrumento de precisão para melhor qualidade nos dados. O instrumento utilizado foi uma trena digital, Disto D2. O equipamento possui precisão de 1/16" (0,0625 mm), alcance de até 330 ft (100 m), e pode ser utilizado para medições em 'mm' ou 'ft', entre outros. A Figura 4.8 ilustra o equipamento utilizado.



Figura 4.8 –Trena digital - Disto D2

5 RESULTADOS

No presente capítulo serão mencionados os resultados quanto aos questionários aplicadas a usuários de máquinas de ar-condicionado e a relação com o emocional e sensorial.

5.1 RESULTADOS DA PERCEPÇÃO EMOCIONAL

O primeiro questionário (percepção emocional) foi utilizado como filtro para o questionário de percepção sensorial para decidir parâmetros como: modelo de ar-condicionado, ambiente e público que fossem de melhor acesso e que dessem maior confiabilidade quanto às respostas.

Para o estudo de caso, foi feito o primeiro questionário com 100 pessoas, via Google *Forms*, as pessoas que responderam poderiam ser de todo o Brasil, falantes da língua portuguesa, todos com acesso a pelo menos um local com ar-condicionado.

Os pontos aqui observados foram:

1. Qual modelo mais utilizado de ar-condicionado disponível no mercado;
2. Idade média dos participantes;
3. Principais emoções nas quais as pessoas estão quando submetidas em um ambiente com ar-condicionado;
4. Ambiente aonde o ar-condicionado é mais utilizado;
5. Comentários acerca da sensação térmica desejada e sentida pelos usuários entrevistados;
6. Respostas acerca do Conforto Térmico e qualidade do ar-condicionado utilizado.

Quanto ao modelo de ar-condicionado mais utilizado, a Tab. 5.1 descreve os modelos de ar-condicionado e porcentagens de usuários. Os modelos são ilustrados no questionário no ANEXO E.

Tabela 5.1 – Porcentagem de usuários para cada modelo de ar-condicionado.

Modelo	Porcentagem de usuários
Modelo 1	60%
Modelo 2	7%
Modelo 3	4%
Modelo 4	11%
Modelo 5	12%
Outros Modelos	6%

A Tabela 5.2 descreve os entrevistados quanto à idade.

Tabela 5.2 – Porcentagem de usuários por faixa etária.

Faixa etária	Porcentagem de usuários
17 ou menos	9%
18 a 25	73%
26 a 35	14%
35 a 50	3%
50 a 75	1%

A Tabela 5.3 descreve os entrevistados quanto ao gênero.

Tabela 5.3 – Porcentagem de usuários por gênero.

Gênero	Porcentagem de usuários
Masculino	58%
Feminino	42%

A Tabela 5.4 descreve os entrevistados quanto às emoções expressas no local aonde têm acesso ao ar-condicionado. Vale lembrar que cada usuário pode expressar mais de uma emoção, por isso a somatória das porcentagens é superior a 100%.

Tabela 5.4 – Porcentagem de usuários, e emoções e sentimentos que expressam.

Sentimentos / Emoções	Porcentagem de usuários
Alegria	36,4%
Ansiedade	8,1%
Calma	64,6%
Cansaço	15,2%
Disposição	24,2%

Entusiasmo	15,2%
Inspirado	19,2%
Irritação	11,1%
Irritação alérgica	17,2%
Prazer	46,5%
Preguiça	36,4%
Preocupação	5,1%
Raiva	2%
Sono	54,5%
Tédio	12,1%
Tristeza	4%

A Tabela 5.5 descreve os entrevistados quanto ao ambiente em que têm mais acesso ao ar-condicionado.

Tabela 5.5 – Porcentagem de usuários por local aonde têm acesso ao ar-condicionado.

Local	Porcentagem de usuários
Sala de aula	45%
Escritório	22%
Call-center	2%
Quarto, sala de estar, sala de TV	15%
Cinema	9%
Outros	7%

Considerando esses resultados, podemos criar um panorama ideal para que a pesquisa possa continuar e ser aprofundada. O modelo de ar-condicionado mais utilizado é o modelo *Split Hi-Wall* (Tab. 5.1). Numa população de faixa etária entre **18 e 25** anos de idade (Tab. 5.2) com quantidade balanceada entre os gêneros (feminino e masculino). A maior parte das pessoas ocupavam **salas de aula e escritórios** (Tab. 5.5).

Entre os sentimentos e emoções que eram passíveis de marcação no questionário, os sentimentos de **sono** e **calma** possuíram maior número de respostas, mesmo no caso do modelo *Split Hi-Wall*, conforme Tab. 5.4 e 5.6. A emoção de calma pode ser associada ao fato de o ar-condicionado baixar a temperatura corporal e, portanto, proporcionar uma situação de relaxamento nos usuários. A resposta indica nada mais que o objetivo principal do ar-condicionado que é de proporcionar um ambiente mais confortável, normalmente relaxante.

Tabela 5.6 – Porcentagem de usuários e emoções expressas para modelo *Split Hi-Wall*.

Emoções	Pessoas	%
Alegria	17	28,3%
Ansiedade	5	8,3%
Calma	39	65,0%
Cansaço	9	15,0%
Disposição	15	25,0%
Entusiasmo	9	15,0%
Inspirado	10	16,7%
Irritação	7	11,7%
Irritação alérgica	11	18,3%
Medo	0	0,0%
Prazer	26	43,3%
Preguiça	23	38,3%
Preocupação	4	6,7%
Raiva	2	3,3%
Sono	34	56,7%
Tédio	8	13,3%
Tristeza	2	3,3%

Dentre os aspectos questionados acerca do Conforto Térmico, o que chamou mais atenção foi que os usuários registraram bastante reclamações acerca da intensidade da **corrente de ar** sobre os mesmos. Numa escala de 1 a 5, a Fig. 5.1 demonstra o desequilíbrio para o lado desconfortável quanto a esse parâmetro.

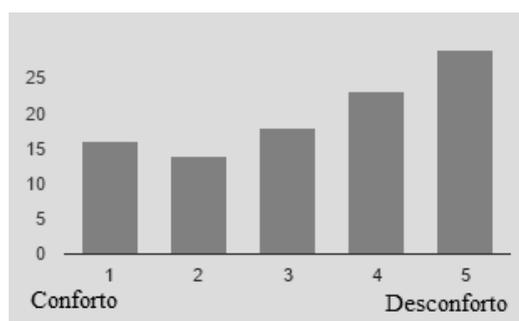


Figura 5.1 – Gráfico da relação conforto-desconforto para correntes de ar.

Nessa situação, 39% dos usuários responderam que preferiam as **correntes de ar mais fracas**, contra 19% que as desejavam mais forte. Enquanto 42% das pessoas responderam que preferiam manter do mesmo jeito.

Quanto à sensação de calor-frio e a sensação de conforto-desconforto devido à temperatura do ambiente, as pessoas em geral sentem o ambiente como sendo **razoavelmente frio**, entretanto consideram esse aspecto como sendo neutro ou razoavelmente **confortável**, conforme mostram as Fig. 5.2 e 5.3.

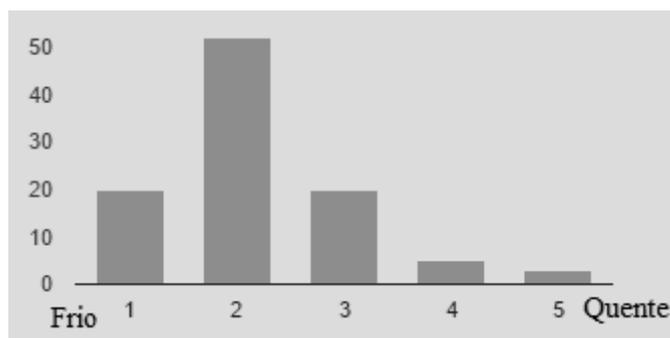


Figura 5.2 – Gráfico da relação frio-quente pela porcentagem de pessoas.

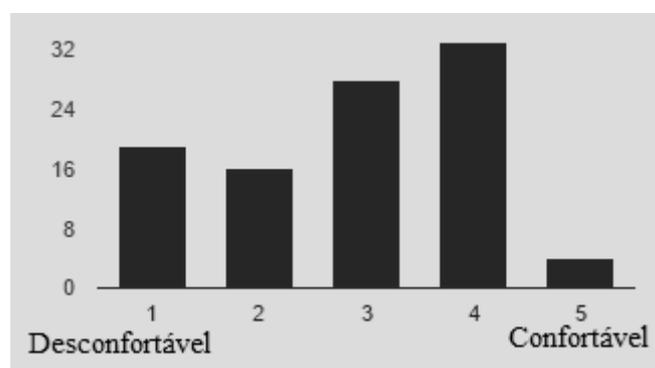


Figura 5.3 – Gráfico da relação desconforto-conforto pela porcentagem de pessoas.

Quanto aos aspectos analisados acerca do ar-condicionado, os resultados dizem que os pontos mais críticos num ar-condicionado é a **umidade do ar**, na maioria dos casos (48,3%) sendo descrito como **'ar seco'**. Enquanto 34,4% dos entrevistados declaram o ar respirado como sendo neutro, ou agradável. A Figura 5.4 descreve em forma de gráfico esses dados.

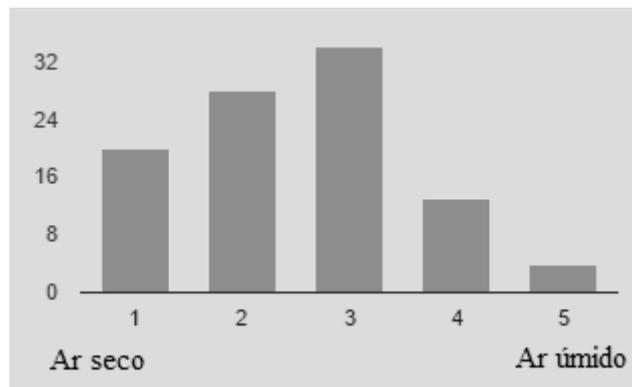


Figura 5.4 – Gráfico para relação de pessoas que consideram o ar seco-úmido.

Quanto ao aspecto visual, os entrevistados consideram os modelos utilizados como sendo neutro a moderno, sendo raramente visto como antiquado.

O aspecto de odor acabou sendo descartado já que responderam em grande maioria dos casos como sendo de odor neutro.

Quanto à sonoridade, maioria respondeu a favor da qualidade do ar-condicionado, como sendo silencioso ou neutro, ou seja, com barulhos que não incomodam.

Além disso, vale ressaltar que a sensação / emoção mais demonstrada com o uso de ar-condicionado é a de calma e sono. Nem todos os ambientes vão ser adequados para isso, ou seja, é importante trabalhar o projeto de forma que a sensação de sono seja reduzida aplicando-se a Kansei Engineering, influenciando os outros sentidos de maneira positiva.

5.2 RESULTADOS DA PERCEPÇÃO SENSORIAL

O segundo questionário (percepção sensorial) foi utilizado para obter uma resposta dos usuários quanto à sensação que as pessoas registram em relação a diferentes situações de posicionamento em quanto ao ar-condicionado e variadas condições de umidade relativa, velocidade do ar, temperatura do ar, entre outros, o que se assemelha a uma pesquisa tradicional de conforto térmico.

Para isso, o questionário foi aplicado a 53 pessoas que estavam aleatoriamente na sala de aula, com configuração já mencionada na Metodologia do trabalho, numa sala de aula da Universidade de Brasília.

Os pontos aqui observados foram:

1. Principais sensações nas quais as pessoas sentem quando submetidas em um ambiente com ar-condicionado em situações variadas;
2. Como as condições de conforto térmico se alteram com a distância entre o usuário e a ar-condicionado;
3. Respostas acerca do Conforto Térmico e qualidade do ar-condicionado analisado.

Como explanado na Metodologia, sessão 4, o questionário de percepção sensorial foi acompanhado de medições de alguns parâmetros físicos do conforto térmico (temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa). Esses resultados também serão abordados nessa sessão.

A sala foi dividida basicamente em uma malha de 5 x 4 pontos, os quais foram medidos com auxílio de uma trena digital. A Tabela 5.7 abaixo ilustra os posicionamentos, em metros, que tiveram suas propriedades pontualmente calculadas.

Tabela 5.7 – Malha de distâncias em relação ao aparelho de AC (5 posições x 4 linhas).

Posição Linha	1	2	3	4	5
1	1,3	2,5	4,1	5,8	7,9
2	2,1	3,1	4,4	6,2	8,1
3	4,1	4,7	5,7	6,7	8,1
4	-	5,5	6,8	7,5	8,9

A Tabela 5.8, descreve as propriedades mensuradas em cada ponto da malha mencionada na Tab. 5.6. As propriedades são: distância até o equipamento de ar-condicionado (m), intensidade do som (IS, em dB), umidade relativa (RH, em %), temperatura do ar local (Tar, °C) e velocidade do ar (Var, m/s).

Tabela 5.8 – Propriedades mensuradas em cada ponto da malha 5 x 4.

Linha	Posição	Distância do ar	IS	RH	Tar	Var
1	1	1,3	54,4	39,5	25,2	0,0
	2	2,5	54,0	39,8	25,3	0,1
	3	4,1	52,7	41,7	24,8	0,0
	4	5,8	50,9	40,3	25,0	0,0
	5	7,9	51,8	39,6	25,6	0,0
2	1	2,1	52,9	37,8	25,5	0,0
	2	3,1	53,2	38,7	25,4	0,2
	3	4,4	51,5	39,1	25,3	0,0
	4	6,2	52,2	38,3	25,4	0,0
	5	8,1	49,9	38,4	25,5	0,0
3	1	4,1	52,0	37,8	25,5	0,0
	2	4,7	51,8	39,3	25,3	0,0
	3	5,7	51,1	40,4	25,2	0,0
	4	6,7	50,2	39,9	25,4	0,0
	5	8,1	50,0	39,5	25,6	0,0
4	1	-	-	-	-	-
	2	5,5	50,6	39,2	25,1	0,0
	3	6,8	50,7	39,1	25,1	0,0
	4	7,5	49,5	39,1	25,1	0,0
	5	8,9	49,8	38,8	25,2	0,0

A posição 1 da linha 4 não teve suas propriedades mensuradas já que em sua posição existiam alguns objetos que impediam qualquer pessoa de se posicionar no local. A velocidade do ar medida também foi muito baixa, o que traz incerteza a esses dados devido o equipamento não ter precisão suficiente.

Esses posicionamentos e os parâmetros físicos calculados puderam ser interpretados em valores médios através da Tab. 5.9.

Tabela 5.9 – Configuração média para cada posicionamento

Posição	Distância do ar (m)	IS	RH	Tar	Var
1	1,3	54,4	39,5	25,2	0,0
2	2,6	53,4	38,7	25,4	0,1
3	4,8	51,6	39,2	25,3	0,0
4	6,6	50,2	39,1	25,1	0,0
5	8,4	49,9	38,9	25,4	0,0

Com base nesses posicionamentos, definimos outros resultados quanto à percepção sensorial. Quanto aos entrevistados, um terço (33,3%) dos entrevistados estavam localizados na posição 1, enquanto a menor parcela dos entrevistados (13%) se localizava na posição 4. O gráfico abaixo (Fig. 5.5) descreve as outras porcentagens da população que estavam localizadas nas outras quatro posições.

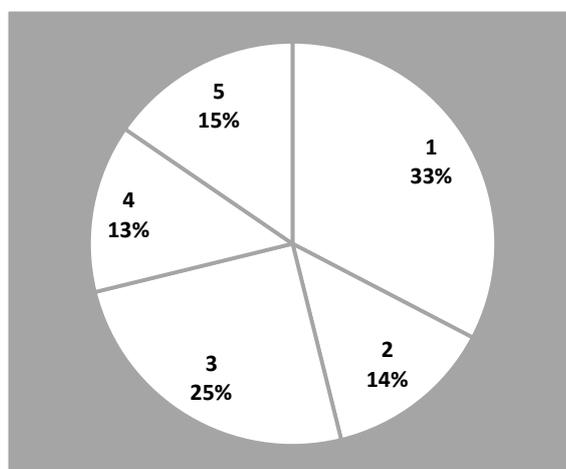


Figura 5.5 – Gráfico: Porcentagem dos entrevistados e suas posições na sala.

Sabendo-se que o questionário avaliava cada sensação numa escala de 1 a 5, a Tab. 5.10 descreve a pontuação média de cada sensação em cada posicionamento.

Tabela 5.10 – Pontuação média (numa escala de 1 a 5) para as sensações analisadas.

Posição	Refrescante	Relaxante	Qualidade do ar	Umidade	Quente	Boa distribuição	Silencioso	Confortável
1	3,00	3,06	3,24	2,24	2,59	2,35	4,12	3,41
2	3,00	2,71	3,43	2,14	2,71	2,14	4,29	2,71
3	3,46	3,31	3,31	2,46	2,38	2,62	4,15	3,46
4	2,86	3,14	3,29	2,43	3,29	2,43	4,43	3,29
5	3,13	3,38	3,50	3,25	2,75	3,13	4,38	3,38

Os resultados sensoriais, junto aos resultados emocionais serão melhor interpretados através da análise feita por metodologia Kansei, na sessão a seguir de Análise dos Resultados.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

No presente capítulo serão analisados os resultados da sessão anterior. Aqui a análise feita é com base na metodologia Kansei a fim de obter um modelo mais interessante de equipamento de ar-condicionado.

6.1 ANÁLISE EMOCIONAL

Os dados resultantes dos questionários aplicados quanto à percepção emocional, ou seja, o primeiro questionário, foram parcialmente analisados para que se pudesse desenvolver a segunda parte da pesquisa de campo, que seria o questionário sensorial.

Para o modelo *Split Hi-Wall*, modelo mais utilizado e que iremos abordar nessa análise, foi obtido um panorama emocional, o qual segue a média de valores gerais para todos modelos. As principais emoções, com valores acima da média, estão dispostas na Tab. 6.1.

Tabela 6.1 – Principais emoções expressas em reação a um *Split Hi-Wall*.

Emoções	Pessoas	%
Calma	39	65,00%
Sono	34	56,70%
Prazer	26	43,30%
Preguiça	23	38,30%
Alegria	17	28,30%
Disposição	15	25,00%
Valor médio	-	21,66%

Dentre essas emoções, sabemos que algumas delas podem ser interpretadas como negativas a depender do local de uso. **Sono**, por exemplo, é uma emoção que é negativa para um ambiente de trabalho ou outros ambientes que exijam maior concentração do usuário. Outra emoção que deve ser comentada, é a emoção de **preguiça**, que também deve ser trabalhada no panorama Kansei para que o usuário a sinta na menor intensidade possível.

O sentimento de **calma**, por sua vez, é bastante apreciado. Como comentado no capítulo anterior, a sensação de calma pode ser atribuída ao fato de que quando em um ambiente com ar-condicionado, o usuário tem seu metabolismo reduzido e a temperatura corporal se aproxima da necessária para o estado do sono (Joshia, 2016).

Contudo, a redução constante da temperatura corporal, pode ter como consequência o sono e a preguiça, os quais deverão ser reduzidos para que os usuários do novo produto, baseado no conhecimento Kansei, se sintam mais dispostos.

As emoções de **alegria** e **prazer**, são correlacionadas, e ambas podem ser traduzidas como satisfatoriamente confortável. Em um ambiente onde o usuário não seja incomodado com poluição auditiva, visual, mal cheiros, em outras palavras, um ambiente prazeroso, a tendência é se sentir alegre e motivado (**disposição**).

6.2 ANÁLISE SENSORIAL

Com base nos resultados do segundo questionário (percepção sensorial), pôde-se discutir alguns pontos responsáveis pelas sensações mensuradas.

Antes de tudo, vale mencionar que a capacidade do ar-condicionado analisado, e já instalado no local de estudo, possui capacidade de condicionar o ar em 22.000 BTU/h, a qual não é adequada para um público de 53 pessoas, em um ambiente de estudo. Conforme estimado no site da ENEBRAS (2016), o valor adequado para essa configuração seria de 89142 BTU/h, para uma configuração de 53 pessoas, em uma área de 81 m², com dois aparelhos que irradiem calor (computador e projetor).

Contudo, com base nos dados mensurados da sala de aula, sob os quais os usuários foram entrevistados, a região de conforto foi atingida. A ferramenta *CBE Thermal Comfort Tool* (Tyler, 2013), foi usada para estimar sob o gráfico Psicrométrico da ASHRAE-55 (2004), o conforto térmico no local de estudo. Com condições de conforto tais que PMV estimado em 0.38 e PPD estimado em 8%.

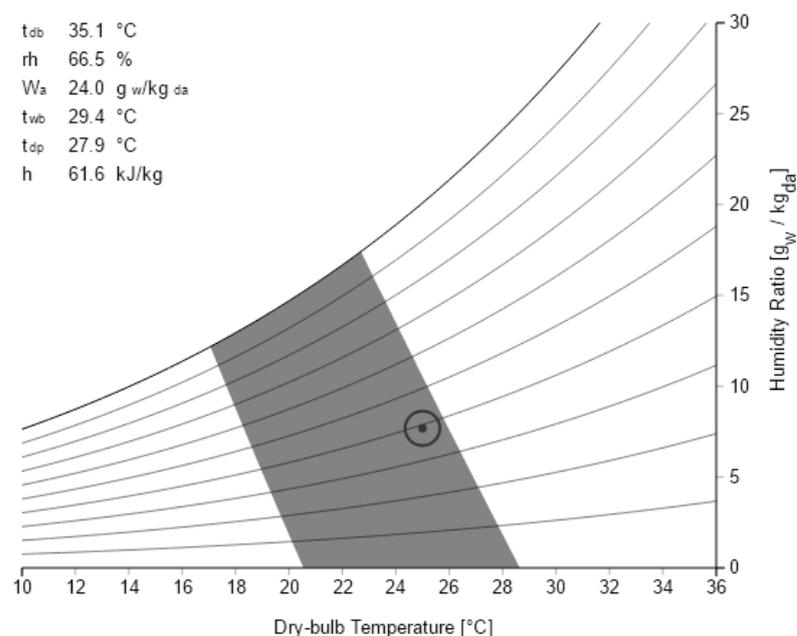


Figura 6.1 – Gráfico Psicrométrico (ASHRAE-55, *CBE Thermal Comfort Tool*)

O valor estimado no gráfico da Fig. 6.1, foi realmente usado como estimativa já que a Temperatura Radiante Média (TRM) não pode ser averiguada no local de entrevista. Assumindo a mesma como sendo igual à temperatura do ar média de 25 °C.

Quanto aos outros aspectos resultantes da análise do questionário em comparação com os parâmetros notados, nota-se maior insatisfação quando se posicionado na região com maior intensidade de correntes de ar sobre o usuário (posição 2), conforme Tab. 5.6 e Tabela 6.2, a qual estima um PPD com base na nota dada ao conforto na posição definida, considerando a nota 5 como 100% confortável

Na posição 2, ainda, foram registradas menores notas quanto à sensação de ‘relaxamento’, ‘umidade’ e ‘distribuição do ar’. A razão para isso pode ser dada pela reação negativa que as pessoas possuem a uma corrente de ar em sua direção, causando desconforto local, o qual pode ser considerado aceitável quando o desconforto causado for no máximo em 20% da população (ASHRAE-55, 2004).

Tabela 6.2 – Estimativa do PPD com base na nota dada ao conforto.

Posição	Conforto	PPD estimado (%)
1	3,41	31,8
2	2,71	45,8
3	3,46	30,8
4	3,29	34,2
5	3,38	32,4

Quanto ao posicionamento dos usuários e às propriedades físicas média para cada posição, a que resultou em menor desconforto ou PPD foi a posição 3. No aspecto sensorial, observa-se que na posição 3 (Tab. 5.10), o usuário sentiu melhor a sensação de refrescância e menor sensação de ‘quente’, as outras sensações foram sentidas como medianas ou neutras.

O posicionamento 5 (Tab. 5.10), foi o que apresentou maior aspecto positivo quanto às sensações. Maior nota média quanto ao aspecto ‘relaxante’, ‘qualidade do ar’, ‘umidade’ e ‘distribuição do ar’. Contudo, nesta posição a temperatura do ar foi a maior, com umidade relativa próxima da mínima registrada na sala e menor intensidade sonora.

Conforme ASHRAE-55 (2004) quanto ao conforto térmico, a sensação de neutralidade se sobressai, e acaba sendo a qual as pessoas optam ou definem melhor como sendo confortável. Contudo, quanto às sensações e emoções causadas pelas condições térmicas, a neutralidade não é a que causa melhores sensações ou, ainda, a qual inibe sensações e emoções indesejadas. A neutralidade considerada pela ASHRAE-55 (2004) está associada apenas ao controle de temperatura corporal, deixando a desejar quanto ao aspecto emocional e sensorial.

6.3 ANÁLISE KANSEI

Para efetuar uma análise na metodologia Kansei, foram utilizados os dados resultantes de ambos os questionários. A análise é feita com base no mesmo processo utilizado pela tese de doutorado da pesquisadora Lokman (2009).

A pesquisa desenvolveu, com colaboração da pesquisadora Lokman, uma PCA (*PC Analysis*) utilizando o *software* JUSE-StatWorks/V3.0 (JUSE, 2016), a qual correlaciona as emoções aos pontos mensurados dos modelos de ar-condicionado. Na pesquisa, a PCA foi elaborada para 10 diferentes emoções em relação a cinco modelos de ar-condicionado no questionário de percepção emocional; e para 8 diferentes sensações para cinco posicionamentos no questionário de percepção sensorial.

O objetivo dessa análise é permitir que se entenda a influência das emoções de forma mais clara quanto aos parâmetros analisados, ou seja, entender quais pontos devem ser desenvolvidos ou melhorados num projeto, comparando-se as emoções mensuradas a determinados aspectos físicos ou visuais do produto. Três formas de PCA são calculadas para se determinar a análise final.

- PCL (PC Loading): usado para análise das emoções para mostrar em que nível uma emoção é afetada pelas variáveis do produto;
- PCS (PC Score): usado para determinar a relação das emoções com os modelos de ar-condicionado e as distâncias às quais foram mensurados os parâmetros físicos.
- PCV (PC Vector): usado para demonstrar visualmente a direção e força das emoções sobre as características observadas a fim de determinar uma configuração ideal.

PC1 e PC2 (Componente 1 e 2) são valores traçados a partir de uma matriz de correlação entre duas características com base nas respostas dos entrevistados. Elas vão tornar a análise mais confiável já que prevê se um modelo de ar-condicionado refrescante também bonito. Com esses dados de correlação, o gráfico é traçado a fim de criar um posicionamento referencial para então mensurar essas qualidades para cada modelo de ar-condicionado.

6.3.1 Análise Emocional

Através da análise PCA, foram comparadas as emoções questionadas com os diferentes modelos de ar-condicionado. A análise permite gerar dois gráficos principais, um para posicionamento das emoções (PCL) e outro para posicionamento dos modelos de ar-condicionado (PCS). O PCV é um gráfico comparativo aonde os outros dois se encaixam para gerar uma análise para cada um dos modelos.

A Figura 6.2 representa o PCL para o questionário de percepção emocional.

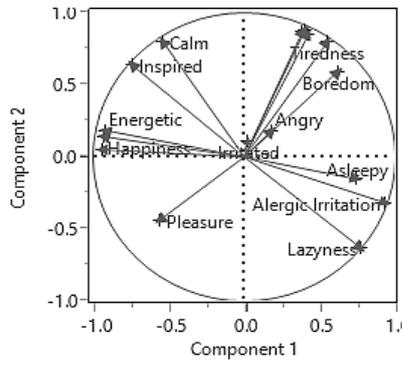


Figura 6.2 – Gráfico PCL para Emoções.

A Figura 6.3 representa o PCS para o questionário de percepção emocional, ilustrando um mapeamento dos modelos de ar-condicionado usado pelos entrevistados.

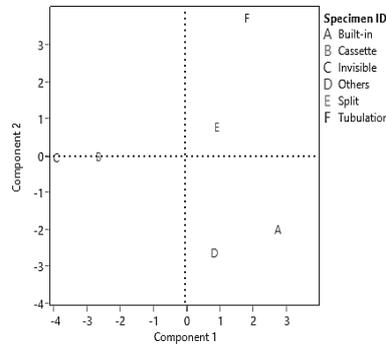


Figura 6.3 – Gráfico PCS para modelos de ar-condicionado.

A Figura 6.4, por fim, ilustra uma junção dos dois gráficos anteriores de PCL e PCS, resultando em uma melhor forma de analisar os modelos de ar-condicionado. O gráfico pode ser interpretado da seguinte maneira: as emoções estão posicionadas em seu máximo na ponta das setas, se um modelo de aparelho de ar-condicionado está próximo a esse ponto, isso indica grande probabilidade de ocorrer essa reação emocional nos usuários para esse modelo determinado.

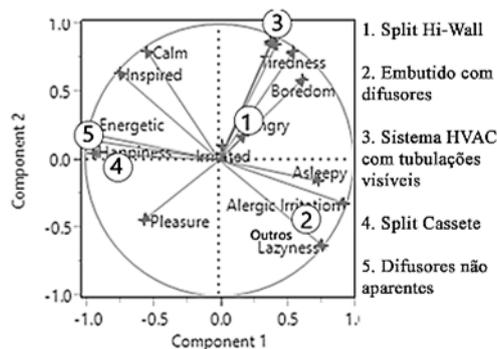


Figura 6.4 – Gráfico PCV para o questionário de percepção emocional.

Assim, podemos analisar que o Modelo 1 (Split Hi-Wall) possui resposta emocional traduzida como, menos prazerosa, medianamente calmante / relaxante, causando mais cansaço e tédio se comparado com o Modelo 5 ou 2, já que está posicionado mais próximo do foco dessas características (borda da região circular).

O Modelo 2 (Embutido com difusores visíveis), pode ser traduzido como sendo negativo, já que produz em intensidades as emoções ‘preguiça’, ‘irritação alérgica’ e ‘sono’.

Por sua vez, o Modelo 4 (Split Cassete) e 5 (Difusores não aparentes) reproduzem boas qualidades de um ar-condicionado. Tais quais são traduzidas nas emoções: ‘energético’, ‘alegria’, ‘calma’, ‘inspiração’ e ‘prazer’.

Com essa pesquisa, observou-se alguns pontos importantes para um projeto de ar-condicionado a serem considerados para um projeto ideal aos usuários, os quais foram confirmados pelos comentários no ANEXO F, os usuários realmente gostariam de ter um produto que proporcionasse:

- Ar condicionado menos aparente;
- Design simples e mais moderno;
- Correntes de ar mais fracas;
- Ar respirado mais úmido;
- Melhor distribuição do ar tornando a sensação térmica mais homogênea;
- Menos ruídos;
- Sinalização com informações essenciais;
- Fácil manutenção.

Esses pontos são claramente mais expressivos nos Modelos 4 e 5. Tendo em vista que o Split Cassete possui, normalmente, melhor difusão do ar; e seu posicionamento no teto (ponto mais distante aos usuários) colabora para que a temperatura, intensidade sonora e umidade mais uniformes no ambiente.

Quanto ao Modelo 5, sendo um sistema de ar-condicionado com tubulações, influencia maior quantidade de emoções positivas, assim como um Modelo 3, porém com uma aparência mais atraente.

6.3.2 Análise Sensorial

A análise quanto aos aspectos sensoriais pela metodologia Kansei é abordado aqui de forma a mostrar uma visão diferente do que é feito normalmente para se determinar o conforto, ou seja, calculado e definido conforme Fanger e pela ASHRAE.

Para as 8 sensações descritas no questionário sensorial, os mesmos gráficos foram elaborados quanto ao método PCA. Sendo as sensações numeradas na Tab. 6.3, a Figura 6.5 representa o gráfico PCL para a percepção sensorial.

Tabela 6.3 – Sensações e numeração correspondente para o gráfico PCL, PCS e PCV.

No.	Emoções / Sensações
1	Refrescante
2	Relaxante
3	Boa Qualidade do ar / Ar respirável
4	Úmido
5	Quente
6	Boa distribuição do ar / Ausência de desconforto local
7	Silencioso
8	Confortável

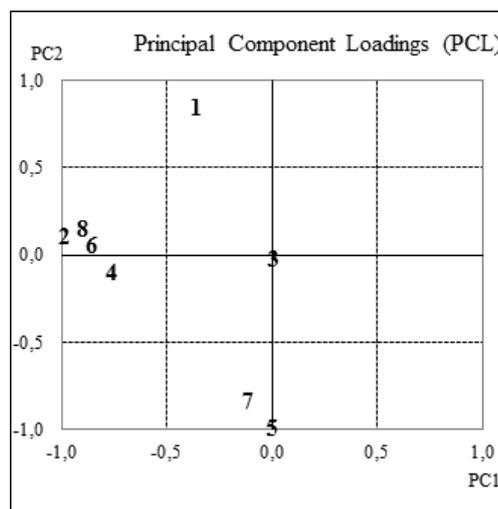


Figura 6.5 – Gráfico PCL para análise de percepção sensorial.

A Figura 6.6 representa o gráfico PCS para os cinco posicionamentos analisados.

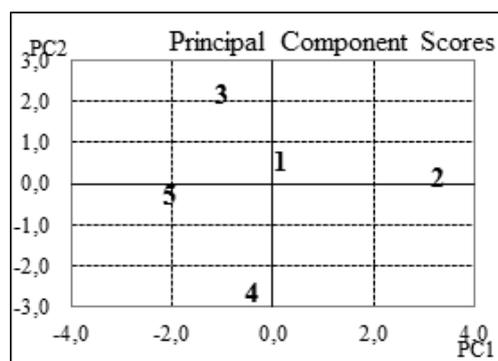


Figura 6.6 – Gráfico PCS para análise de percepção sensorial.

Por fim, a Fig. 6.7 representa o gráfico PCV para o questionário de percepção sensorial. Com esse gráfico conseguimos interpretar as sensações e posicionamentos em conjunto. Os posicionamentos estão marcados com a letra 'P' antes do número para diferenciar da numeração dada às sensações mensuradas.

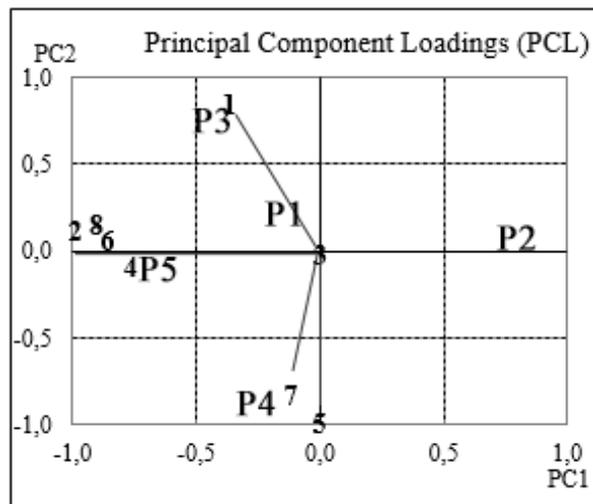


Figura 6.7 – Gráfico PCV para percepção sensorial.

O gráfico PCV deixa claro que a posição cinco (5) é uma das que mais apresenta as sensações em maior intensidade, sendo a mais intensa delas de ‘umidade’, seguida das sensações ‘boa distribuição do ar’, ‘confortável’ e ‘relaxante’. Porém, se o usuário busca se sentir em uma situação mais ‘refrescante’, a posição 3 é a mais indicada, a qual, comparando-se à análise na sessão 6.2, traduz em menor desconforto.

A posição 4 é mais favorável para um ambiente ‘silencioso’. E a posição 1, para uma ‘qualidade de ar melhor’. Por fim, a posição 2 é a menos favorável e a qual todas as sensações são expressas ao inverso, ou seja, é a posição que apresenta uma configuração totalmente contrária à posição 5.

Com isso sabemos que para os usuários, a posição 5 seria a mais indicada e a que teria uma melhor resposta emocional. O posicionamento em uma região com menor interferência do equipamento de ar-condicionado, menor intensidade sonora, umidade mediana, e baixíssima velocidade do ar, representam uma propensão maior à boas sensações.

Se posicionar em uma região mais distante do ar-condicionado também proporciona a sensação de conforto satisfatória, já que o usuário se senta nessa posição esperando não sentir frio intenso, ou correntes de ar fortes sobre si mesmo, ou ainda um ambiente termicamente desconfortável. Essa atitude corresponde à expectativa esperada pelo usuário.

Enquanto se sentar na posição 2, aonde a corrente de ar tem maior intensidade, assim como o barulho do ar sentido pelo usuário, fazem com que a expectativa de um ambiente frio e confortável não seja atendida.

Por fim, as configurações na Tab. 6.4 abaixo são adequadas para as sensações que se deseja sentir, considerando que as sensações descritas são apresentadas em maior intensidade. Isso significa que em cada posição todas as sensações são sentidas de alguma forma, mesmo que de forma muito branda.

Tabela 6.4 – Melhores configurações e sensações atribuídas a cada posição.

Posição	Sensação	IS (dB)	RH (%)	Tar (°C)
5	Umidade, Ausência de desconforto local, Conforto, Relaxante	49,94	38,93	25,44
3	Refrescante	51,63	39,20	25,35
4	Silencioso, Frescor (ausência da sensação quente)	50,27	39,16	25,10
1	Boa qualidade do ar	54,40	39,55	25,27

As configurações acima descritas, podem ser definidas como as quatro configurações de melhor conforto ambiental notadas na análise. Sendo a posição 5 a que reproduz melhores sensações, num estado de equilíbrio térmico, após o ar em toda sala estar condicionado.

7 PROPOSTA KANSEI

Neste capítulo será abordada uma proposta baseada nas análises feitas de forma a desenvolver um equipamento de ar-condicionado que proporcione melhores sensações e emoções aos usuários.

7.1 SENTIDOS E EMOÇÕES

Como foi já descrito nas sessões anteriores, as emoções e sentidos estão totalmente entrelaçados, assim como os aspectos sentidos pelos usuários de um certo produto. Um produto que atinge os cinco sentidos de forma positiva, atendendo a expectativa do usuário, costuma trazer mais benefícios além de ser melhor aceito no mercado.

A análise feita na sessão 6 deste trabalho, determinou três emoções principais que devem ser trabalhadas: calma, sono e preguiça. Considerando o ambiente estudado em foco, as salas de aula, essas emoções não são todas vistas como positivas. Assim, a pesquisa terá como foco gerar atributos para um novo modelo de ar-condicionado, *Split Hi-Wall*, que reduza essas emoções. E que ainda atendam as sensações definidas quanto à percepção sensorial.

Quanto à relação entre sensação térmica e o sono, Joshia (2016) define que variações na temperatura de forma que a temperatura não seja completamente estável causam perturbações no sono.

Conforme Espinosa (2011), a capacidade de reter informações começa a defasar de 10 a 20 minutos, assim, com a mudança de temperatura a tendência de o corpo do aluno se sujeitar a um ambiente estável é menor, reduzindo a chance de se sentir com sono.

Dessa forma, uma alteração sutil no ambiente pode contribuir para que o foco de atenção seja retomado mais rapidamente. Sugere-se, então, uma adaptação no modelo de ar-condicionado para variar sua temperatura automaticamente no período entre 10 e 20 minutos.

7.1.1 Visual

No aspecto visual, um equipamento de ar-condicionado pode ser alterado quanto a sua forma geométrica e cor. Contudo, quando se trata de influenciar emoções de forma mais intensa, uma adaptação ao modelo de ar-condicionado pode ser a implementação de iluminação LED em sua parte traseira.

Já existe, inclusive, um modelo de ar-condicionado proposto (Rehnmark, 2012) que implementa a iluminação como forma de tornar o produto mais moderno, ou ainda, como na Fig. 7.1, eco amigável devido a cor definida ser ‘verde’.



Figura 7.1 – Modelo de ar-condicionado Split Hi-Wall, Electrolux Green-Air (Rehmark, 2012).

Já é senso comum que as cores têm papel de importância no Marketing, campo no qual as cores são usadas para influenciar sentimentos nas pessoas de forma que elas comprem mais de determinado produto.

No trabalho em questão, o foco ergonômico é o qual melhor representa o desenvolvimento do produto, o qual será de melhor percepção emocional e sensorial. Pimenta (2008) descreve que quanto a esse aspecto, a cor proporciona maior bem-estar e segurança, com mais estímulos e maior satisfação no desenvolvimento de atividades laborais, pode vir ainda a reduzir desperdícios e acidentes de trabalho.

IIDA (2005, apud Pimenta, 2008), ainda, declara que um planejamento adequado do uso de cores no ambiente de trabalho associado a um bom plano de iluminação, tem resultado em economia de 30% no consumo de energia e aumento de produtividade em cerca de 80 a 90%.

A ciência da fotobiologia é baseada na interação da energia da luz com seres vivos, em outras palavras, representa como os espectros de luz ultravioleta, visível e infravermelho, influenciam processos biológicos (Smith, 1989 apud Brainard, 1998). A Tabela 7.1 dispõe algumas diferentes frequências de luz e a energia associada às mesmas, na faixa visível ao olho humano.

Tabela 7.1 – Configuração energética e comprimento de onda para faixas de cores visíveis (Brainard, 1998).

Aparência da cor	Faixa de comprimento de onda (nm)	Energia de Fótons (eV)
Vermelho	760 - 610	1,63 – 2,03
Laranja	610 - 585	2,03 – 2,12
Amarelo	585 - 575	2,12 – 2,16
Verde	575 – 490	2,16 – 2,53
Azul	490 – 440	2,53 – 2,82
Violeta	440 – 380	2,82 – 3,26

Ao passo que as cores na iluminação podem ser vistas como energia, entende-se que moléculas específicas no corpo irão absorver a energia luminosa e então sofrerão mudanças químicas que, por conseguinte, gerarão reação em larga escala nas células, tecidos e em todo o organismo. Exemplo disso é a exposição de tecidos de células quando expostas a comprimentos de onda acima de 1,4 μm podem sofrer processos simples de aquecimento ou queimaduras (Brainard, 1998).

Gerrard (1958, apud Brainard, 1998) fez diversos estudos para se determinar que iluminação poderia causar maior influência no aumento da circulação sanguínea, estudando a princípio as cores vermelho (620 nm) e azul (460 nm). Os resultados determinaram que a cor vermelha tende a ser mais estimulante intelectual e emocionalmente, além de promover maior excitação fisiológica. A cor azul, por sua vez, representa maior tendência a calma e redução na pressão sanguínea. Gerrard (1958, apud Brainard, 1998) ainda conclui que a resposta do organismos às cores é variada e influencia diferentes emoções e sentimentos, ativando o organismo em graus diferenciados.

A luz azul, segundo Gomes (2015), é caracterizada por estimular conexões entre áreas do cérebro que processam emoções e linguagem, isso pode ajudar as pessoas a lidar com desafios emocionais e com regulação do humor ao longo do tempo. Durante exposição à luz azul, ocorre significativa redução na taxa de respiração e pressão sanguínea, reduzindo a resposta fisiológica do organismo, o que deixa claro que a luz azul pode ser utilizada para induzir relaxamento fisiológico ou até mesmo o sono.

No trabalho em questão, o foco é combater as emoções de sono e preguiça, portanto, a cor vermelha e tons com energia semelhante deveriam ser utilizados de forma a averiguar menor intensidade nessas emoções.

O ser humano reage rapidamente a mudanças e o uso de iluminação adicional pode acabar afetando as pessoas de forma negativa. Assim, propõe-se que seja utilizada uma iluminação LED variada na região traseira do modelo de ar-condicionado. A variação em cores pode auxiliar em diversas situações, principalmente em uma sala de aula, aonde as iluminações coloridas ajudaram de forma sutil.

Para salas de aula, indica-se a cor vermelha, laranja e amarelo. Em momentos de maior tensão, mas que sejam almejadas sensações de calma e relaxamento em maior intensidade, indica-se o uso de cores azuladas e verdes na iluminação. A intensidade da luz não deve chamar tanta atenção, assim, a sutileza do tratamento por cromoterapia, para reduzir o sentimento de sono e preguiça, não seria alcançada.

Em outros ambientes, é provável que as cores quentes e variantes do vermelho não sejam a melhor opção. Para versatilidade do projeto, é interessante disponibilizar variação da iluminação LED nas principais cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta. Assim, o produto alcançará uma maior quantidade de usuários, promovendo um ambiente mais agradável / confortável.

7.1.2 Audição

No aspecto auditivo, um equipamento de ar-condicionado pode ser alterado quanto ao seu som natural. Todas as máquinas emitem, em alguma frequência e intensidade, um som característico. Inclusive, através da análise do som se pode também detectar problemas, defeitos ou fraturas em materiais e equipamentos.

Os sons emitidos em frequências controladas são estudados pela engenharia de áudio, eletrônica e física, sendo os ruídos classificados em cores, por exemplo, ruído branco (White Noise), ruído cinza (Gray Noise), entre outros.

A cor está associada ao tipo de frequência característica, o qual é definido pelo espectro energético e sinal de ruído. Exemplo disso, é o ruído branco, chamado assim por analogia com a luz branca, que é uma mistura uniforme de todas as diferentes cores possíveis. Na análise de frequência (Fourier) frequentemente utilizada no processamento de sinal, o ruído branco é uma mistura uniforme de energia aleatória para cada frequência (Ellis, 2005).

O som característico do funcionamento de uma unidade de ar-condicionado é caracterizado como ruído branco. E, por muitos, é considerado, quando livre de outros ruídos intermitentes ou instáveis, um auxiliar no processo de relaxamento. Aliás, muitas pessoas costumam achar necessário o uso de algum eletrodoméstico que reproduza um som semelhante para que possam dormir adequadamente.

Outros ruídos têm benefícios semelhantes, enquanto outros podem ser percebidos como bastante irritantes ao ouvido humano. O ruído rosa (Pink Noise) soa mais natural do que o ruído branco (semelhante ao som de água corrente ou ondas do mar) e é bastante relaxante. É frequentemente usado para ambientação em música eletrônica, e como teste de sinal para "*tuning*" em sistemas de som (Thompson, 1989).

Em suma, alguns ruídos coloridos costumam promover calma e concentração, por interferirem com outros ruídos externos, assim, a atenção do usuário passa a ser mais voltada para o ruído colorido, servindo então como um bloqueador de agentes sonoros que possam desconcentrar. Isso vale tanto para uma pessoa estudando, que demanda um ambiente estável quanto a ruídos, assim como para uma pessoa dormindo, que quando submetida a variações bruscas sonoras pode perder o sono.

Horrall (Cambridge Sound Management, 2013) é contra o uso dos ruídos branco ou rosa, mencionando que por serem ruídos, esses sons devem ser considerados como intrusivos. O ideal seria um som ambiente que trouxesse menor interferência com menor intensidade possível. Em seu artigo, Horrall afirma que a voz humana e sons bem próximos a essa frequência seriam o ideal, considerando que o ser humano já é bastante acostumado. No entanto, para um ambiente de sala de aula, aonde os usuários já são submetidos a um som semelhante ao ruído branco, o som da voz se torna uma distração e não um fator que possa melhorar a concentração.

Entre os dois ruídos, branco e rosa, o branco é descrito como uniforme, enquanto o rosa é um ruído que possui variação de intensidade para cada frequência. Essa variação pode colaborar para uma sutil

instabilidade no ambiente, e assim, como mencionado no tópico 7.1, se forem feitas variações de 10 a 20 minutos, os alunos podem reagir de forma a ter melhor concentração

A proposta de melhoria no modelo de ar-condicionado é, então, desenvolver uma saída de som, que controle a emissão sonora do ar-condicionado numa frequência de ruído rosa. Com a frequência adequada, o usuário estará submerso num ambiente com maior influência à sua concentração nas aulas ou estudos. A intensidade do ruído não pode ser superior ao que foi mensurado na sessão 5.2, ou seja, 54,4 dB, a qual deve estar realmente controlada já que um ruído muito intenso terá resultados de estresse acústico.

De forma a tornar o projeto mais versátil, é ideal que se tenham opções diversas como ruído branco, ruído rosa ou nenhuma das opções, na qual o ar condicionado irá operar com sonoridade normal.

7.1.3 Olfativo

O acesso via nasal é com certeza o mais efetivo para tratamentos de problemas emocionais como estresse e depressão, e ainda algumas dores de cabeça. Isso acontece pois o nariz está em contato direto com o cérebro, o qual é responsável para ativar os efeitos dos óleos essenciais. Não é exatamente o nariz o órgão ligado ao olfato, este apenas modifica o ar quanto à temperatura, umidade e sua pureza. O nervo craniano olfativo é o real responsável pelo sentimento do cheiro, possuindo aproximadamente 50 milhões de células receptoras em uma área de 4 cm² ao fundo das narinas (Van Toller, 1993 apud Price, 2007).

Segundo Lyra (2009), a aromaterapia consiste na aplicação terapêutica de óleos essenciais, podendo atingir diversas emoções, cada qual influenciada por um tipo de aroma. A influência é dada por cinco pontos principais, conforme descreveu Lyra (2009): (i) os efeitos tônicos (revigorantes) e calmantes sistêmicos dos óleos essenciais após absorção pelo epitélio pulmonar e no sistema nervoso central; (ii) efeitos emocionais dos óleos essenciais no sistema límbico via bulbo olfatório; (iii) diminuição de pressão arterial, aumento da temperatura da pele acompanhada de subjetivo aumento de calma e relaxamento; (iv) efeitos depressores dos óleos essenciais sobre o sistema nervoso central; (v) efeito anti-estresse dos óleos essenciais via modulação da atividade de receptores que correspondem à serotonina.

Os cientistas Gatti e Cayola (1923, apud Price, 2006) observaram os efeitos terapêuticos dos óleos essenciais e concluíram que tanto a ação sedativa como a estimulante eram obtidas mais facilmente pela inalação do que pela ingestão. Price (2006) ainda afirma que a mente exerce efeito sobre o corpo e que alguns óleos essenciais mostram-se eficientes no auxílio ao relaxamento, enquanto outros elevam o ânimo.

Todo óleo tem um efeito específico, por exemplo, problemas com sono e insônia são melhor resolvidos com óleo essencial de gerânio, bergamota, capim-limão, hortelã-pimenta e alecrim. Macht e Ting (1921, apud Price, 2007) afirmam que uso de óleos de lavanda, rosa ou valeriana, têm efeito

sedativo, o qual foi confirmado por uma série de experimentos com dispersão do óleo essencial no ar. Essa forma de aplicação se demonstra eficiente já que a área de absorção dos pulmões é grande e, assim, o efeito do óleo se dá mais rapidamente, entrando em contato com a corrente sanguínea.

Os efeitos da hortelã-pimenta também foram investigados pela Universidade Católica da América (Washington, DC), segundo Price (2007). O uso desse óleo ocasionou em mudanças no padrão de ondas cerebrais associados ao estado de 'alerta'. O aroma de jasmim demonstrou ser estimulante para funções mentais (Sugano, 1989 apud Price, 2007) e capaz de encurtar o tempo necessário para o sono induzido, provando seu efeito sedativo.

O uso de alecrim dissolvido em óleo de semente de uva demonstrou causar maior alerta e rapidez nas pessoas. Porém o uso de lavanda resultou em cálculos mais precisos e rápidos, porém com efeito de sonolência. Ambos os grupos se sentiram mais calmos e relaxados, comprovando mais uma vez a capacidade que aromatização tem em afetar psicologicamente e fisiologicamente.

Schab (1990 apud Price, 2007) descobriu que em um ambiente aromatizado, durante o processo de aprendizado de palavras, o resultado obtido foi 50% melhor do que em um ambiente sem aromatização. Baron (1990 apud Price, 2007) mostrou que o aroma realmente influencia as pessoas em seu comportamento, com base em um experimento aonde pessoas estavam em uma sala a qual foi aromatizada intermitentemente com um aromatizador de ar (*air-freshener*). Nessas condições os usuários demonstraram melhores alcances em notas, além de estarem mais inclinados a negociar de forma mais amigável e resolver conflitos com maior sucesso.

Como afirma Andrei (2005), as principais formas possíveis de aplicação de aromas são por pulverização e difusão aérea, inalação, compressas, banhos e massagens. A adaptação de um modelo de ar-condicionado que leve em consideração uma melhor percepção sensorial olfativa pode ser dada pela instalação de difusores aromáticos que serão responsáveis por pulverizar entre períodos de 10 a 20 minutos um jato de uma mistura com óleo essencial. Para as salas de aula, deve se ter atenção para que o aroma escolhido não torne ainda mais forte o sentimento de sono, preguiça. Assim, podem ser indicados o uso de aromas de Alecrim e Limão, enquanto o uso de aromas sedativos é contra indicado.

O ANEXO H apresenta uma tabela com alguns aromas e suas propriedades no organismo, a partir da qual pode ser feita uma escolha alternativa de aromas para outras aplicações diferentes da sala de aula.

7.2 PROPOSTA FINAL

Uma unidade de ar-condicionado deve gerar em primeiro lugar o conforto térmico, porém o que é considerado para se determinar esses parâmetros, são normalmente os parâmetros físicos mencionados e normatizados pela ASHRAE-55. Através desses parâmetros se calcula o conforto térmico e a carga térmica exigida num ambiente. Por fim, decide-se qual equipamento utilizar.

Com a utilização da Metodologia Kansei, foi possível determinar uma proposta de modelo de ar-condicionado *Split Hi-Wall* com algumas modificações quanto à forma de atingir os sentidos, e influenciando emoções nos usuários.

Quanto ao aspecto visual, a modificação será feita com a integração de iluminação LED em cores variadas, cada qual com sua propriedade emocional, como descrito na sessão 7.1.1. O aspecto do modelo se torna mais moderno além de ter um impacto emocional e sensorial que vão afetar também a sensação térmica. Ficou bem descrito na sessão 7.1.1 que a iluminação em diferentes cores, principalmente vermelho e azul, podem afetar a pressão sanguínea e conseqüentemente a sensação de térmica. A Figura 7.4, 7.5 e 7.6 ilustram o modelo com diferentes iluminações em LED.



Figura 7.2 – Ilustração do modelo de ar-condicionado proposto com LED vermelho.



Figura 7.3 – Ilustração do modelo de ar-condicionado proposto com LED amarelo.

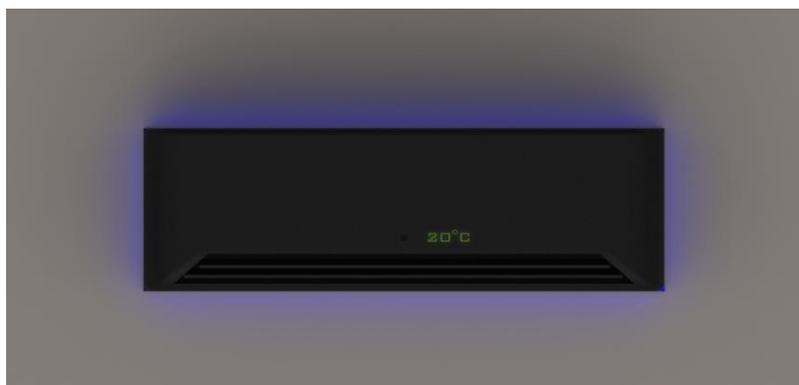


Figura 7.4 – Ilustração para o modelo proposto na versão de cor preta com LED azul.

Quanto ao aspecto auditivo, a instalação de um sistema de caixa de som sobre a unidade de ar-condicionado fará *setting* de três opções: ruído branco, ruído rosa e ‘desligado’. Na sessão 7.1.2 ficou definido que essas duas configurações de ruído são adequadas para maior concentração caso utilizadas em intensidade baixa, ou seja, de forma a apenas tornar o ruído natural do ar-condicionado mais agradável.

Quanto ao aspecto olfativo, a instalação de um sistema de difusor / pulverizador com aromas irá tornar o ambiente aromatizado e, com isso, proporcionar uma sensações e emoções positivas nos usuários. As emoções influenciadas vão variar de acordo com o aroma utilizado.

A Figura 7.7 ilustra o posicionamento sugerido para cada componente adicionado ao novo modelo da unidade de ar-condicionado Split Hi-Wall. Essas posições podem ser alteradas para que se possa alcançar maior eficiência na dissipação do som e aroma aproveitando melhor as condições ambientais, pontos que podem ser estudados futuramente.

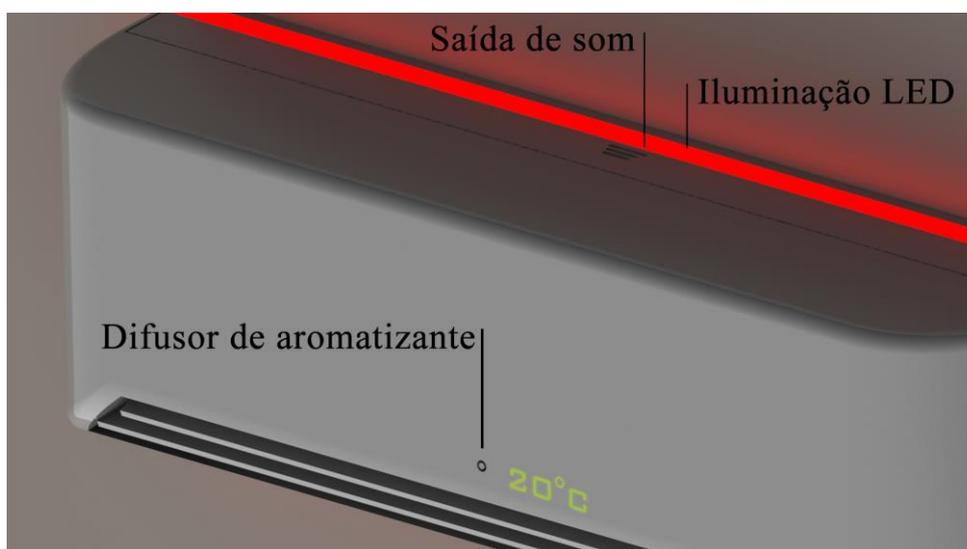


Figura 7.5 – Ilustração do posicionamento das modificações no modelo proposto de ar-condicionado.

Por fim, vale lembrar que para o caso de utilização do modelo em escolas ou salas de aula, a utilização do aromatizador, assim como a variação sonora, e ainda a variação térmica, deverão ser efetuados em um espaço de tempo de 10 a 20 minutos, devido esse ser o momento que as pessoas começam a perder o foco / concentração.

8 CONCLUSÕES

No presente capítulo será mencionada a conclusão do trabalho quanto as atividades realizadas e possíveis propostas para trabalhos futuros.

A pesquisa com base na Metodologia Kansei Engineering para analisar os atuais aparelhos para condicionamento do ar, permitiu com que algumas conclusões fossem tomadas.

Conforme ASHRAE-55 (2004) a sensação de neutralidade se sobressai para se dimensionar um sistema de ar-condicionado. Contudo, quanto às sensações e emoções causadas pelas condições térmicas, a neutralidade não é a que influencia melhor as sensações. A neutralidade considerada pela ASHRAE-55 (2004) está associada apenas ao controle de temperatura corporal, deixando a desejar quanto ao aspecto emocional e sensorial, o qual deve ser melhor estudado para entender sua real influência numa escala psicológica mais aprofundada.

Entre os sentimentos mensurados pelo questionário de percepção emocional, as emoções mais evidentes entre todos os modelos de aparelho de ar-condicionado são: calma, sono e preguiça. Os quais podem ser trabalhados pela Engenharia Kansei a fim de gerar produtos que causem menos sono e preguiça, principalmente num ambiente de trabalho.

As emoções ‘alegria’ e ‘prazer’ foram as outras com maior resposta dos usuários de aparelhos de ar-condicionado. Em um ambiente onde o usuário não seja incomodado com poluição auditiva, visual e mal cheiro, ou seja, um ambiente prazeroso, a tendência é se sentir alegre e motivado (disposto), colaborando para maior produtividade em ambientes de trabalho.

No ambiente estudado (salas de aula), ficou comprovado que os alunos que se posicionaram mais distante do ar-condicionado relataram maior conforto quando a umidade, corrente de ar e melhor sensação de relaxamento. Na posição onde o entrevistado estava mais sujeito a correntes de ar constantemente, foi relatado maior desconforto. Logo, apesar de ser necessário que o ar esteja sendo renovado, correntes de ar em maior intensidade não são desejadas por grande parte dos entrevistados.

Com base nos sentidos: visual, auditivo e olfativo, foram propostas modificações no modelo *Split Hi-Wall*, que são: (i) instalação de luz LED com cores que podem afetar as pessoas da forma adequada para cada ambiente; (ii) instalação de saída de som com emissão de ruídos branco, rosa ou sem ruído emitido. (iii) instalação de pulverizador de aroma a fim de influenciar os usuários de forma positiva através do olfato.

Apenas um protótipo visual foi possível de ser gerado, assim como indicações para alcançar melhor resposta. Para maior confiabilidade na pesquisa, fica proposto o estudo mais aprofundado quanto às reais influências da iluminação LED, aromatização e sonorização, sobre os usuários de ar-condicionado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAO, Yoji. QFD: Past, Present, and Future. Asahi University, International Symposium on QFD, 1997 – Linköping, 1997.
- ANDREI, Patrícia; COMUNE, Aparecida Peres Del. Aromaterapia e suas aplicações. CADERNOS, Centro Universitário S. Camilo, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 57-68, 2005.
- ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004: Thermal environmental conditions for human occupancy, 2004.
- ASHRAE. ASHRAE Handbook. Fundamentals, SI Edition, The American Society of Heating, Ventilation and Air-Conditioning Inc. Atlanta, USA, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NR 17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/esportes/norma%20abnt%2010152.pdf>, acesso em 24 de maio de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. 1987.
- BRAINARD, George C. The Biological and Therapeutic effects of light. Color for Science, Art and Technology, Elsevier Science B. V., 1998.
- ELLIS, Dan. About Colored Noise. Lab for Recognition and Organization of Speech and Audio (LabROSA), Electrical Engineering, Columbia University, 2005.
- ENEBRAS, Engenharia e Soluções. Cálculo de Carga Térmica. Disponível em: <http://www.enebras.com.br/calculo.html>, acesso em 13 de novembro de 2016.
- EPSTEIN, Yoram; MORAN, Daniel S. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Tel Hashomer and the Sackler Faculty of Medicine. Tel Aviv University, Israel Industrial Health. 2006.
- ESPINOSA, Tracey Tokuhama. Educadora americana que estará na Capital nesta semana ensina como os professores podem manter o estudante motivado, em 18/07/2011. Entrevista concedida a Maicon Bock, Zero Hora.
- ESTUDO DETECTA SONS MAIS INSUPORTÁVEIS PARA OUVIDO HUMANO. BBC, outubro, 2012. Disponível em: http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2012/10/121010_sons_insuportaveis_as.shtml, acesso em: 28 de maio de 2016.
- FABBRI, Kristian. Indoor Thermal Comfort Perception. A questionnaire approach focusing on children. Springer, 2015.

- FRONTCZAK, M; WARGOCKI, M. Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design. *Indoor Air*. 2012.
- FROTA, Anésia Barros. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo. 5ª ed. São Paulo. Studio Nobel. 2011.
- FUNDING UNIVERSE, Carrier Corporation History. Disponível em:
<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/carrier-corporation-history>, acesso em 05 de abril de 2016.
- GOMES, Cristina Caramelo; PRETO, Sandra. Blue Light: A blessing or a curse? 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences, AHFE, 2015.
- HORRAL, Thomas R., FASA. Optimum Masking Sound: White or Pink? Cambridge Sound Management, 2013.
- HUMPHREYS, MA; HANCOCK, M. Do people like to feel neutral? Exploring the variation of the desired sensation on the ASHRAE scale. *Energy and Buildings* 39 (7), 867-74, 2007.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 1994.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8995-1: Lighting of work places, Part 1: Indoor. 2002.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8996. Ergonomics: Determination of metabolic heat production. 2004.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11399: Ergonomics of the thermal environment: principles and application of relevant international standards. 1995.
- JOSHIA, Shreyas S., Thomas J. Lesserb, Jonathan W. Olsenb, Bruce F. O’Haraa. The importance of temperature and thermoregulation for optimal human sleep. Department of Biology, University of Kentucky. Big Ass Solutions, 2348 Innovation Drive, Lexington, USA, 2016.
- JUSE Communications Web. JUSE-StatWorks/V3.0. Disponível em: <https://www.i-juse.co.jp/> acesso em 18 de novembro de 2016.
- LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio Augusto de Paula. LabEEE: Conforto Térmico e Stress Térmico. UFSC – Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil, 2002.
- LÉVY, P. Beyond kansei engineering: The emancipation of kansei design. *International Journal of Design*, 2013.

- LOKMAN, Anitawati Mohd. Design & Emotion: The Kansei Engineering Methodology: Design & Emotion: The Kansei Engineering Methodology Vol. 1, Issue 1, 2010.
- LOKMAN, Anitawati Mohd. Emotional User Experience in Web Design: The Kansei Engineering Approach, 2009.
- LYRA, Cassandra Santantonio de; NAKAI, Larissa Sayuri; MARQUES, Amélia Pasqual. Eficácia da aromaterapia na redução de níveis de estresse e ansiedade em alunos de graduação da área da saúde: estudo preliminar. *Fisioterapia e Pesquisa*, São Paulo, v.17, n.1, p. 13-7, 2010.
- MARGHANIA, Viviane Gaspar Ribas El et al. Kansei Engineering: metodologia orientada ao consumidor para suporte a decisão de projeto. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011.
- MARKOV, D. Standards in thermal comfort in: Annual International Course: Ventilation and Indoor Climate, Sofia. P. Stankov. 2002.
- MATTOS, Cristiano et al. Sensação Térmica: Uma Abordagem Interdisciplinar. Departamento de Física e Química UNESP, Guaratinguetá São Paulo, 2004.
- NAGAMACHI, Mitsuo, LOKMAN, Anitawati Mohd. Industrial innovation series: Kansei innovation, practical design applications for product and service development. CRC Press, 2015.
- NAGAMACHI, Mitsuo; OKAMOTO, Ricardo Hirata; LOKMAN, Anitawati Mohd. Industrial Kansei Affective Engineering. CRC Press, 2011.
- NISHIDA, Silvia M. Apostila do Curso de Fisiologia. Departamento de Fisiologia, IB Unesp-Botucatu, 2012.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, OMS. Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO), 1946. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswho.html>, acessado em 24 de maio de 2016.
- PAIS, Aida Maria Garcia. Condições de Iluminação em Ambiente de Escritório: Influência no conforto visual. Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, 2011.
- PARSONS, Ken. Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance. 3rd edition. CRC Press, 2002.
- PIMENTA, João. Ar Condicionado: Conforto Térmico. 100 slides. Notas de Aula. Apresentação MS PowerPoint. 2009.
- PIMENTA, Pedro Miguel Morais. As cores como “janelas virtuais” – Fatores de motivação na produtividade das organizações. Escola Superior de Aveiro, IPAM, 2008.
- PRICE, Shirley; PRICE, Len. Aromatherapy for Health Professionals, 3rd edition. Churchill Livingstone, Elsevier, 2007.

- RUAS, Álvaro César. Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho, FUNDACENTRO, Ministério do Trabalho, 1999.
- REHNMARK, Mikaela. Electrolux - Green AC. Disponível em: <http://www.coroflot.com/mikaelarehnmark/electrolux-green-ac1> , 2012.
- SACCO, Patrine Roman; FERREIRA, Grazielle Cristina Garcia Bernardino; SILVA, Ana Cláudia Calazans da. Aromaterapia no auxílio do combate ao estresse: bem-estar e qualidade de vida. Revista Científica da FHO, UNIARARAS v. 3, n., 2015.
- SCHÜTTE, Simon. Designing Feelings into Products. Integrating Kansei Engineering Methodology in Product Development. Linköping Studies in Science and Technology, 2002.
- THIEMANN, Otavio. Órgãos Dos Sentidos. Apostila de Biologia II. Instituto De Fisica De São Carlos – USP.
- THOMPSON, Mark. Notes & Excerpts: varieties psychoacoustic noise. LYCAEUM, 1989. Disponível em: http://www.lycaeum.org/mv/M2/noise_ahf.html, acesso em 14 de novembro de 2016.
- TYLER, Hoyt; STEFANO, Schiavon; ALBERTO, Piccioli ; DUSTING, Moon; and KYLE, Steinfeld. CBE Thermal Comfort Tool, 2013. Center for the Built Environment, University of California Berkeley, <http://cbe.berkeley.edu/comforttool/>
- VIDAL, Mario Cesar. Introdução à Ergonomia: Curso de especialização em ergonomia contemporânea do Rio de Janeiro. Universidade do Brasil COPPE – UFRJ, 2000.

ANEXOS

		Pág.
ANEXO A	Valores padrões de taxa metabólica pela ISO 7730 Anexo B	84
ANEXO B	Valores de isolamentos térmico para trajes típicos	85
ANEXO C	Instrumentação para medição de parâmetros físicos	86
ANEXO D	Modelo de Questionário por Lokman, Kansei em Web-design	87
ANEXO E	Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Térmica	88
ANEXO F	Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Sensorial	91
ANEXO G	Comentários acerca de modificações no ar-condicionado	92
ANEXO H	Tabela de propriedades dos óleos essenciais (SACCO, 2015)	93

ANEXO A – Valores Padrões de Taxa Metabólica pela ISSO 7730 Anexo B

Atividade	Taxas Metabólicas (W/m²)	Met
Reclinando-se	46	0,8
Sentado, relaxado	58	1,0
Atividade sedentária (escritório, escola, laboratório)	70	1,2
Atividades leves (compras, laboratório, indústria)	93	1,6
Atividade média (assistente de compras, trabalho doméstico, trabalho com máquinas)	116	2,0
Caminhando		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

ANEXO B – Valores de isolamentos térmicos para trajés típicos

Descrição da Vestimenta	Roupas Inclusas	Icl (clo)
Calças	1) Calça + Camisa manga curta	0,57
	2) Calça + Camisa manga longa	0,61
	3) #2 + Paletó	0,96
	4) #2 + Paletó + Colete + Camiseta	1,14
	5) #2 + Sueter manga longa + Camiseta	1,01
	6) #5 + Paletó + Ceroula	1,30
Saias/Vestidos	7) Saia na altura dos joelhos + Camisa manga curta (sandálias)	0,54
	8) Saia na altura dos joelhos + Camisa manga longa + Combinação íntima	0,67
	9) Saia na altura dos joelhos + Camisa manga comprida + Meia combinação íntima + Suéter manga comprida	1,10
	10) Saia na altura dos joelhos + Camisa manga longa + Meia combinação íntima + Paletó	1,04
	11) Saia no comprimento do tornozelo + Camisa manga comprida + Paletó	1,10
Shorts	12) Shorts + Camisa manga curta	0,36
Macacões	13) Macacão manga comprida + Camiseta	0,72
	14) Macacão + Camisa manga comprida + Camiseta	0,89
	15) Macacão isotermico + Roupa íntima comprida (térmica para o corpo todo)	1,37
Atlética	16) Calça de moleton + Blusa de moleton manga longa	0,74
Pijamas	17) Camisa manga longa de pijama + Calça de pijama + Roupão $\frac{3}{4}$ (Chinelos, sem meias)	0,96

Todos os conjuntos de roupa, exceto onde indicado entre parênteses, incluem sapatos, meias, calcinhas ou cuecas. Todos os conjuntos de saias/vestidos incluem meia-Calça, sem meias adicionais.

ANEXO C – Instrumentação para medição de parâmetros físicos

Propriedade Física	Unidade de medida	Definição	Instrumento
Temperatura do ar	Kelvins K (T_a) Celsius °C (t_a)	Temperatura do ar ao redor do corpo humano.	Termômetro
Umidade relativa do ar	(%)	Representa a quantidade de vapor no ar em relação ao máximo que este poderia conter em determinada temperatura e pressão.	Psicrômetro
Velocidade do ar	(m/s)	Velocidade o ar, média de velocidades.	Anemômetro de fio- quente

ANEXO D – Modelo de Questionário por Lokman, Kansei Web-design

Subject ID: _____						Specimen ID: _____						
	5	4	3	2	1		5	4	3	2	1	
Adorable	<input type="checkbox"/>	Not Adorable	Interesting	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Interesting				
Appealing	<input type="checkbox"/>	Not Appealing	Light	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Light				
Beautiful	<input type="checkbox"/>	Not Beautiful	Lively	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Lively				
Boring	<input type="checkbox"/>	Not Boring	Lovely	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Lovely				
Calm	<input type="checkbox"/>	Not Calm	Luxury	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Luxury				
Charming	<input type="checkbox"/>	Not Charming	Masculine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Masculine				
Chic	<input type="checkbox"/>	Not Chic	Mystic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Mystic				
Childish	<input type="checkbox"/>	Not Childish	Natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Natural				
Classic	<input type="checkbox"/>	Not Classic	Neat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Neat				
Comfortable	<input type="checkbox"/>	Not Comfortable	Plain	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Plain				
Cool	<input type="checkbox"/>	Not Cool	Old-fashioned	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Old-fashioned				
Creative	<input type="checkbox"/>	Not Creative	Pretty	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Pretty				
Crowded	<input type="checkbox"/>	Not Crowded	Professional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Professional				
Cute	<input type="checkbox"/>	Not Cute	Refreshing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Refreshing				
Elegant	<input type="checkbox"/>	Not Elegant	Relaxing	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Relaxing				
Feminine	<input type="checkbox"/>	Not Feminine	Sexy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Sexy				
Fun	<input type="checkbox"/>	Not Fun	Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Simple				
Futuristic	<input type="checkbox"/>	Not Futuristic	Sophisticated	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Sophisticated				
Gorgeous	<input type="checkbox"/>	Not Gorgeous	Stylish	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Stylish				
Impressive	<input type="checkbox"/>	Not Impressive	Surreal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Surreal				

ANEXO E – Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Emocional

Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Emocional					
Sessão geral					
Imagine um local que você frequente e que possua ar-condicionado. Com base nesse local, responda as perguntas a seguir.					
1. Qual seu gênero?		2. Faixa etária (anos)?			
<input type="checkbox"/> Homem <input type="checkbox"/> Mulher		<input type="checkbox"/> 17 ou menos <input type="checkbox"/> 18 a 25 <input type="checkbox"/> 26 a 35 <input type="checkbox"/> 35 a 50 <input type="checkbox"/> 50 a 75 <input type="checkbox"/> acima de 75			
3. Em que estado mora?					
4. Marque abaixo as palavras que caracterizam sensações ou emoções que está sentindo agora.					
<input type="checkbox"/> Alegria <input type="checkbox"/> Ansiedade <input type="checkbox"/> Calma <input type="checkbox"/> Cansaço <input type="checkbox"/> Disposto <input type="checkbox"/> Entusiasmo	<input type="checkbox"/> Inspirado <input type="checkbox"/> Irritação <input type="checkbox"/> Irritação alérgica <input type="checkbox"/> Prazer <input type="checkbox"/> Preguiça	<input type="checkbox"/> Preocupação <input type="checkbox"/> Raiva <input type="checkbox"/> Sono <input type="checkbox"/> Tédio <input type="checkbox"/> Tristeza			
Sessão de Conforto Térmico					
5. Qual ambiente é esse?					
<input type="checkbox"/> Sala de aula <input type="checkbox"/> Escritório <input type="checkbox"/> <i>Call-center</i>		<input type="checkbox"/> Quarto, sala de TV, sala de estar <input type="checkbox"/> Cinema <input type="checkbox"/> Outros			
6. Como se recorda da temperatura do local?		7. Quanto à sensação térmica?			
Frio	Neutro -2 -1 0 +1 +2 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Quente	Confortável	Neutro -2 -1 0 +1 +2 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Desconfortável
8. Como gostaria de sentir o ambiente?		9. O que sente com relação a correntes de ar em sua direção?			
Mais frio	Neutro -2 -1 0 +1 +2 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Mais quente	Confortável	Neutro -2 -1 0 +1 +2 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Desconfortável
10. Como gostaria de sentir a corrente de ar?		<input type="checkbox"/> Mais fraco <input type="checkbox"/> Da mesma forma <input type="checkbox"/> Mais forte			

Sessão Kansei

10. Quanto ao **ambiente** em que está agora, pontue as palavras que o caracterizam de acordo com o que está sentindo.

Barulhento	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Silencioso	Confortável	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Desconfortável
Cores claras	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Cores Escuras	Organizado	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Desorganizado
Escuro	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Claro	Sujo	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Limp o

11. Quanto ao **ar-condicionado ou climatização do local** no qual está, pontue as palavras de acordo com o que está sentindo.

Barulhento	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Silencioso	Antiquado	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Moderno
Malcheiroso	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Cheiroso	Visível	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Não visível
Ar seco	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Ar úmido	Confortável	<p style="text-align: center;">Neutro</p> <p style="text-align: center;">-2 -1 0 +1 +2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div>	Desconfortável

12. Qual modelo de ar-condicionado está presente no ambiente?

Modelo 1: Split Hi-Wall



Modelo 2: Embutido / Difusores



<input type="checkbox"/> Modelo 3: Sistema de Ar-condicionado com tubulações visíveis	
<input type="checkbox"/> Modelo 4: Split Cassete	
<input type="checkbox"/> Modelo 5: Difusores não aparentes	
<input type="checkbox"/> Outros modelo	-
13. Você faria alguma modificação no ar-condicionado em questão? Se sim, quais seriam?	

ANEXO F – Questionário para Metodologia Kansei Aplicada à Percepção Sensorial

Gênero

Homem Mulher

Idade

18 a 25 26 a 35 35 a 50 outra: ____

Quão perto está do ar-condicionado?

Perto		Afastado		
1	2	3	4	5
<input type="text"/>				

Responda abaixo, como você se sente agora sobre as condições em relação ao ar-condicionado.

<p>Não refrescante</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Refrescante</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	
<p>Não relaxante</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Relaxante</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	
<p>Qualidade do ar ruim</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Qualidade do ar boa</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	
<p>Ar seco</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Ar úmido</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	
<p>Frio</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Quente</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	
<p>Ruim distribuição do ar</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Boa distribuição do ar</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	
<p>Ruim distribuição do ar</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>		<p>Boa distribuição do ar</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p><input type="text"/></p>	

ANEXO G – Comentários acerca de modificações no ar-condicionado

Você faria alguma modificação no ar-condicionado em questão? Se sim, quais seriam?

- Temperatura e umidade
- Quanto menos o ar condicionado aparecer, melhor. Menos vento. O ar é muito seco, deveria ser mais úmido
- Redução de ruído
- Sim, o mais simples, para uso pessoal
- Um ar condicionado que distribua melhor o ar, menos barulhento e mais agradável aos olhos. Além disso que funcione a uma temperatura não muito baixa porque muitas vezes sinto frio
- Pequenas sinalizações de informações essenciais para uso e manutenção
- Um mais moderno.
- Trocaria pelo sistema embutido e distribuiria melhor o ar.
- No ar-condicionado não (apesar de o ar ficar muito seco), apenas no ventilador extra.
- Reduzir o ruído, melhorar a limpeza, mudar de lugar e posição.
- Split teto: menos visível, menos ruído
- Diminuir o ruído
- Ar menos seco
- Diminuiria o barulho
- Trocaria por um modelo mais moderno.
- Talvez uma alteração no posicionamento para evitar que as mesas mais afastadas do ar condicionado fiquem muito frias enquanto as posicionadas logo abaixo do ar condicionado fiquem mais quentes. Garantir uma distribuição mais homogênea da temperatura.
- O funcionamento, não é comum ver um aparelho de ar-condicionado funcionando na universidade, em especial os do ICC.

ANEXO H – Tabela de propriedades dos óleos essenciais (SACCO, 2015)

Óleos Essenciais	Efeito no Organismo
Alecrim (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Alem de ser revigorante, age contra dores de cabe^a e ma circula^ao.
Bergamota (<i>Citrus bergamia</i>)	Relaxante e antidepressivo.
Esclareia (<i>Salvia sclarea</i>)	Relaxante, antidepressivo e sedativo.
Geranio (<i>Pellargonium graveolens</i>)	Sedativo e relaxante.
Hortela (<i>Menta Viridas</i>)	Age contra dores de cabe^a, fadiga e dores musculares.
Ylang-Ylang (<i>Cananga odorata</i>)	Alem de diminuir a tensao, melhorar o humor e estimular os sentidos, e hipnotico e relaxante.
Jasmim (<i>Jasminun officinalis</i>)	Estimulante e relaxante.
Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i>)	Reduz a tensao, o cansa^o e a depressao, alem de acalmar e revigorar o animo.
Limao (<i>Citruslimon</i>)	Alem de ser estimulante e tonificante, age contra dores de cabe^a.
Milfolio (<i>Achillea ligusticun</i>)	Ansiolitico, sedativo e relaxante.
Rosa (<i>Rosa damacena</i>)	Reduz a tensao, a depressao e age contra dores de cabe^a.
Sandalo (<i>Santalum album</i>)	Alem de reduzir a insonia, e relaxante muscular e tem a?ao sedativa.
Tomilho (<i>Thymus officinales</i>)	Reduz tensao, fadiga, ansiedade e age contra dores de cabe^a.