

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO PRÉDIO DAS ENGENHARIAS CIVIL E  
AMBIENTAL CONSIDERANDO A PSICOLOGIA AMBIENTAL

São Paulo

2017

**AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO PRÉDIO DAS ENGENHARIAS CIVIL E  
AMBIENTAL CONSIDERANDO A PSICOLOGIA AMBIENTAL**

DENNIS DE CAMPOS MARQUES  
FELIPE MARINO KÜHL  
MONISE BETTIN LUCINDO DA CRUZ  
TAINAH LIMA BARTOLO  
THIAGO ARAUJO VANNUZINI

**PROF<sup>a</sup> DR<sup>a</sup> BRENDA CHAVES COELHO LEITE**

#### Catlogação-na-publicação

Kühl, Felipe

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO DO PRÉDIO DA ENGENHARIA CIVIL  
CONSIDERANDO A PSICOLOGIA AMBIENTAL / F. Kühl, D. Marques, T.  
Lima, T. Vannuzini, M. Bettin -- São Paulo, 2017.  
229 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Avaliação Pós Ocupação 2.Psicologia Ambiental 3.Conforto Térmico  
4.Conforto Acústico 5.Conforto Luminoso I.Universidade de São Paulo.  
Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.  
III.Marques, Dennis IV.Lima, Tainah V.Vannuzini, Thiago VI.Bettin, Monise

Esse trabalho é dedicado a nossas famílias e amigos, que tanto nos ouviram falar sobre e nos  
viram sofrer com ele.

Agradecimento especial à SEF-USP pela disponibilização das plantas e fotos antigas do  
prédio.

À Professora Brenda pelo carinho e dedicação.

Ao Professor Gustavo pelos ensinamentos.

Aos amigos e colegas, alunos e professores, pelo tempo, respostas e interesse.

Àqueles que nos incentivaram.

A todos que gostariam que a Poli fosse um lugar melhor.



## **RESUMO**

O projeto que se segue, desenvolvido por alunos da Universidade de São Paulo, orientados pela professora Brenda Chaves Coelho Leite, tem por essência obter um diagnóstico de desempenho do Prédio das Engenharias Civil e Ambiental com uso do método de Avaliação Pós Ocupação e confrontando análise com a perspectiva da Psicologia Ambiental.

Para o estudo, foram escolhidas as necessidades de usuários mais relevantes para a graduação em Engenharia Civil. A partir deste ponto, realizaram-se pesquisas de revisão bibliográfica e as medições de diversos parâmetros selecionados em 8 salas diferentes do prédio e em um local de passagem em duas épocas do ano. Além disso, foram coletadas cerca de 460 opiniões de usuários na forma de questionários durante as medições e mais de 100 questionários online sobre a percepção da Escola Politécnica e do edifício. Com esses questionários, analisaram-se os confortos térmico, acústico e luminoso, comparando os dados medidos com as respostas de satisfação dos alunos.

Obtiveram-se dados por vezes conclusivos, permitindo levantar uma série de propostas de soluções para as salas de aula, de modo a aprimorar os confortos térmico, acústico e luminoso dos usuários. Para a proposta de soluções, as técnicas de APO e de Psicologia Ambiental se tornaram complementares. Através da APO (observação, questionários e normas), montou-se uma matriz de problemas e salas, destacando assim os mais recorrentes, tais como a pouca intensidade luminosa e alta refletância nas lousas, intensidade sonora do ambiente em repouso maior do que a recomendada pelas normas brasileiras e internacionais e a falta de circulação de ar geral.

Com a grande quantidade de informações coletadas, criou-se um banco de dados bastante rico, através de matrizes e gráficos de medições térmicas, acústicas e luminosas realizadas em salas de aula do prédio, durante os meses de agosto, setembro, outubro e novembro. Além disso, foi possível realizar um diagnóstico não somente do prédio, mas como também de seus usuários e suas satisfações em relação ao ambiente nos pilares da Psicologia Ambiental.

## **ABSTRACT**

The following project, developed by students of the University of São Paulo, guided by Professor Brenda Chaves Coelho Leite, has as its essence the diagnosis of the performance of the Environmental and Civil Engineering Building using the Post-Occupation Evaluation (POE) method and confronting the analysis with the perspective of the Environmental Psychology.

For the study, the most relevant necessities of the users were chosen with the degree in Civil Engineering in mind. From this point, it was done a bibliographic review and the measurements of several selected parameters in 8 different rooms in the building and in a place of passage used for studies twice during the year. Besides that, about 460 user reviews were collected in the form of questionnaires during measurements and more than 100 online questionnaires on the perception of the Polytechnic School and the studied building. Along with the questionnaires, the thermal, acoustic and lighting comforts were measured, analyzed and compared to the data of the students' satisfaction answers.

Sometimes the data obtained was conclusive, allowing a series of solutions proposals for the classrooms in order to improve the thermal, acoustic and lighting comfort of the users. For these proposals, the POE and Environmental Psychology techniques became complementary. Through the POE (observation, questionnaires and standards), a matrix of problems and rooms was set up, highlighting the most frequent problems, such as low light intensity and high reflectance on the boards, higher minimum sound intensity of the environment than the recommended by the Brazilian and international standards and lack of general air circulation.

With the great amount of information collected, a rich database was created, through matrices and graphs of thermal, acoustic and lighting measurements held in classrooms during the building during August, September, October and November. Beyond that, it was possible to make a diagnosis not only of the building per se, but also of its users and their satisfaction regarding the pillars of the Environmental Psychology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carta Psicrométrica .....	17
Figura 2 - Diagrama de conforto de Fanger.....	19
Figura 3 - Porcentagem de insatisfeitos em função do PMV.....	23
Figura 4 - Reverberação.....	26
Figura 5 - Variação da inteligibilidade da voz.....	27
Figura 6 - Refletâncias recomendadas para superfícies e mobiliário de salas de aula (A). Proporção entre a luminância da superfície da tarefa visual e a luminância das superfícies mais significativas de uma sala de aula (B). ....	32
Figura 7 - Compilação de dados .....	49
Figura 8 - Medindo a iluminância.....	51
Figura 9 - Medindo a refletância.....	51
Figura 10 - Medindo a luz refletida .....	52
Figura 11 - Determinação de Hm.....	53
Figura 12 - Malha de pontos para medições .....	54
Figura 13 - Ilustração da sala S01 do prédio das Engenharia Civil e Ambiental com os pontos ideais de coleta dos dados para o projeto. ....	58
Figura 14 - Modelo do Questionário Aplicado - Percepção sobre as Medições.....	61
Figura 15 - Modelo do Questionário Aplicado - Aspectos Físicos e Subjetivos .....	62
Figura 16 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Térmico .....	64
Figura 17 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Acústico.....	64

Figura 18 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	65
Figura 19 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	65
Figura 20 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Térmico .....	66
Figura 21 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Acústico.....	66
Figura 22 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	67
Figura 23 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	67
Figura 24 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S01 – 1ª medição.....	71
Figura 25 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S01 – 2ª medição.....	72
Figura 26 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Térmico.....	72
Figura 27 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Acústico .....	73
Figura 28 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Luminoso Mesa ..	73
Figura 29 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Luminoso Lousa ..	74
Figura 30 - Alunos incomodados por ruídos durante a aula da sala S03 .....	77
Figura 31 - Motivos de incômodo acústico levantados - sala S03.....	77
Figura 32 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S03 .....	78
Figura 33 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Térmico .....	78
Figura 34 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Acústico.....	79

Figura 35 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	79
Figura 36 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	80
Figura 37 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Térmico .....	80
Figura 38 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Acústico.....	81
Figura 39 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	81
Figura 40 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	82
Figura 41 - Sensações de conforto quanto à temperatura do ar – S04 – 1ª medição .....	85
Figura 42 - Sensações de conforto quanto à temperatura do ar – S04 – 2ª medição .....	85
Figura 43 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Térmico .....	86
Figura 44 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Acústico.....	86
Figura 45 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	87
Figura 46 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	87
Figura 47 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Térmico .....	88
Figura 48 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	88

Figura 49 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	89
Figura 50 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Acústico.....	89
Figura 51 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Térmico .....	93
Figura 52 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Acústico.....	93
Figura 53 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	94
Figura 54 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	94
Figura 55 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Térmico .....	95
Figura 56 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Acústico.....	95
Figura 57 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	96
Figura 58 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	96
Figura 59 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Térmico .....	101
Figura 60 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Acústico.....	101
Figura 61 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	102

Figura 62 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	102
Figura 63 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Térmico .....	103
Figura 64 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Acústico.....	103
Figura 65 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa.....	104
Figura 66 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa.....	104
Figura 67 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Térmico.....	109
Figura 68 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Acústico .....	109
Figura 69 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Luminoso Mesa	110
Figura 70 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Luminoso Lousa .....	110
Figura 71 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S26 .....	113
Figura 72 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Térmico .....	115
Figura 73 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Acústico.....	115
Figura 74 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Luminoso mesa .....	116
Figura 75 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 2ª medição – Conforto Térmico .....	116
Figura 76 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 2ª medição – Conforto Acústico.....	117

Figura 77 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Luminoso mesa .....	117
Figura 78 - Diagrama Psicrométrico para São Paulo - Brasil.....	122
Figura 79 - Umidade relativa medida por sala e valores limites da NBR16401.....	124
Figura 80 - Satisfação Térmica – grupos de 1ª medição.....	130
Figura 81 - Satisfação Térmica – grupos de 2ª medição.....	131
Figura 82 – Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição.....	133
Figura 83 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S01.....	134
Figura 84 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S03.....	134
Figura 85 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S04.....	135
Figura 86 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S14.....	135
Figura 87 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S19.....	136
Figura 88 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S24.....	136
Figura 89 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S26.....	137
Figura 90 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - Rampa Vermelha .....	137
Figura 91 - Concentração de CO2 por % de alunos com sono durante a 1º medição.....	139
Figura 92- Concentração de CO2 por % de alunos com sono durante a 2º medição.....	139
Figura 93 – Limites da intensidade sonora, segundo a NBR10152.....	140
Figura 94 - Desempenho acústico das salas – 1ª e 2ª medição .....	141
Figura 95 - Principais motivos de distração apontados nos questionários.....	151
Figura 96 - Edifício Paula Souza em sua concepção original.....	157
Figura 97 - Prédio das Engenharias Civil e Ambiental da POLI-USP ainda em construção	157



Figura 98 - Vista aérea da Escola Politécnica - USP .....	158
Figura 99 - Vista da cobertura do prédio de Engenharia Civil da POLI - USP .....	158
Figura 100 - Interior do Edifício Paula Souza .....	159
Figura 101- Vista frontal do prédio de Engenharia Civil da POLI - USP .....	159
Figura 102- Interior do edifício da Engenharia Civil da POLI - USP .....	160
Figura 103 - Entrada do edifício Paula Souza em sua concepção original.....	160
Figura 104 – 10 itens mais citados como características do prédio de ensino ideal.....	169
Figura 105 - 10 itens mais citados como características do prédio da Civil e Ambiental atual. .....	169
Figura 106 - Preparação e aplicação do selante .....	173
Figura 107 - Sala de aula .....	174
Figura 108 - Modelo de circulador de ar .....	176
Figura 109 - Modelo de climatizador de ar.....	177
Figura 110 - Exemplo de rearranjo do layout da sala .....	178
Figura 111 - Exemplo de rearranjo do layout da sala .....	179
Figura 112 - Desumidificador de ar ambiente .....	180
Figura 113 - Revestimento acústico - Nanosound .....	182
Figura 114 - Modelo de piso texturizado .....	184
Figura 115 - Modelo de sala de aula.....	186
Figura 116 - Brises externos .....	186
Figura 117 - Modelo de sala de aula.....	188

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de voto médio .....	21
Tabela 2 - Isolamento térmico para peças de roupa de acordo com a ISO 7730 (1994). ....	22
Tabela 3 - Nível de iluminância em escolas, segundo NBR 5413 .....	31
Tabela 4 - Taxas de proporção de luminâncias.....	33
Tabela 5 - Quantidade mínima de pontos a serem medidos .....	53
Tabela 6 - Resumo das normas utilizadas para análise das salas.....	63
Tabela 7 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S01 .....	68
Tabela 8 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S01 .....	69
Tabela 9 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S01 .....	70
Tabela 10 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S03 .....	74
Tabela 11 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S03.....	75
Tabela 12 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S03 .....	76
Tabela 13 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S04 .....	82
Tabela 14 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S04.....	83
Tabela 15 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S04 .....	84
Tabela 16 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S14 .....	90
Tabela 17 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S14.....	91
Tabela 18 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S14 .....	91

Tabela 19 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S19 .....	97
Tabela 20 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S19.....	98
Tabela 21 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S19 .....	99
Tabela 22 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S24 .....	105
Tabela 23 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S24.....	106
Tabela 24 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S24 .....	107
Tabela 25 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S26 .....	111
Tabela 26 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S26.....	112
Tabela 27 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S26 .....	112
Tabela 28- Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala de estudos da rampa vermelha .....	118
Tabela 29 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala de estudos da rampa vermelha .....	119
Tabela 30 - Valores médios de temperatura de bulbo seco nos pontos de medição .....	120
Tabela 31 - Valores médios de umidade relativa (%) nos pontos de medição .....	121
Tabela 32 - Valores médios de umidade (g de vapor/kg de ar seco) nos pontos de medição	121
Tabela 33 - Limites de temperatura e umidade da NBR16401 .....	122
Tabela 34 - Valores médios de umidade relativa (%) por sala .....	123
Tabela 35 - Valores mínimos e máximos permitidos pela norma NBR16401 .....	124
Tabela 36 - Temperatura radiante a partir de medições no ponto 5 da sala S04 .....	125
Tabela 37 - Cios e vestimentas de cada grupo da sala S04.....	125

Tabela 38 - S01 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala .....	126
Tabela 39 - S04 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala .....	126
Tabela 40 - S14 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala .....	126
Tabela 41 - S19 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala .....	127
Tabela 42 - S24 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala .....	127
Tabela 43 - S26 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala .....	127
Tabela 44 - S01 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala.....	128
Tabela 45 - S03 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala.....	128
Tabela 46 - S04 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala.....	128
Tabela 47 - S14 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala.....	129
Tabela 48 - S19 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala.....	129
Tabela 49 - S24 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala.....	129
Tabela 50 - Pontos de conforto teórico mais desfavorável, segundo Fanger, por sala por medição .....	130
Tabela 51 - Concentração de CO2 por Sala.....	132
Tabela 52 - Comparação do motivo de distrações e a concentração de CO2 nas salas .....	138
Tabela 53 - Intensidade sonora mínima por sala .....	141
Tabela 54 - Limites da iluminância e refletância, segundo norma NBR 5413 .....	142
Tabela 55 - Análise da iluminância e refletância por sala, de acordo com a NBR 5413.....	143
Tabela 56 - Análise dos questionários respondidos pelos alunos durante as medições.....	145
Tabela 57 - Análise dos questionários respondidos pelos alunos durante as medições para verificação do nível de satisfação da sala.....	146
Tabela 58 - Ranking de satisfação das salas .....	147

Tabela 59 - Resultados dos questionários respondidos pelos alunos durante as medições, com relação às sensações físicas e emocionais e aos confortos térmico, acústico e luminoso. .....	149
Tabela 60 - Porcentagens de homens e mulheres na Poli, por tempo de graduação.....	150
Tabela 61 – Características pessoais dos respondentes da pesquisa online.....	167
Tabela 62 – Distribuição de respostas para a pergunta “Você gosta das seguintes coisas?”.168	
Tabela 63 – Distribuição de respostas para a pergunta “Como você se sente quanto às seguintes seguranças no e do prédio?” .....	170
Tabela 64 - Matriz de problemas das salas .....	171
Tabela 65 - Cronograma de atividades .....	192

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>1</b>
1.1	INTRODUÇÃO .....	1
1.2	JUSTIFICATIVA.....	1
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1	DETALHAMENTO DOS OBJETIVOS .....	4
2.1.1	Objetivo geral.....	4
2.1.2	Objetivos específicos .....	5
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
3.1	AVALIAÇÃO PÓS – OCUPAÇÃO.....	7
3.2	PSICOLOGIA AMBIENTAL .....	9
3.2.1	Origens .....	9
3.2.2	Características da psicologia ambiental.....	9
3.2.3	Psicologia ambiental aplicada em ambientes educacionais.....	10
3.3	CONFORTO TÉRMICO .....	13
3.3.1	Definições .....	14
3.3.2	Variáveis físicas ou ambientais .....	15
3.3.3	Variáveis pessoais ou individuais .....	17
3.3.4	Condições para o conforto térmico .....	18
3.4	CONFORTO ACÚSTICO .....	24
3.4.1	Introdução .....	24
3.4.2	O som.....	24
3.4.3	Absorção e refração .....	25
3.4.4	Difração.....	25
3.4.5	Reverberação.....	26
3.4.6	Ruído e inteligibilidade de voz .....	26
3.4.7	Intensidade sonora .....	27
3.4.8	Isolamentos .....	28
3.5	CONFORTO LUMINOSO .....	29
3.5.1	Introdução .....	29
3.5.2	Recomendações e aspectos a serem analisados .....	30

3.5.3	Iluminância.....	30
3.5.4	Refletância .....	32
3.5.5	Ofuscamento.....	32
4	MÉTODO .....	34
4.1	AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO .....	34
4.2	PSICOLOGIA AMBIENTAL.....	38
4.3	CONFORTO TÉRMICO .....	41
4.3.1	Medição da temperatura do ar .....	41
4.3.2	Medição da temperatura radiante média .....	42
4.3.3	Medição da umidade absoluta e relativa do ar .....	43
4.3.4	Medição da velocidade do ar.....	43
4.3.5	Metodologia .....	44
4.3.6	Critérios para a localização dos sensores.....	47
4.4	CONFORTO ACÚSTICO .....	47
4.4.1	Procedimentos .....	47
4.4.2	Definição do decibelímetro.....	48
4.4.3	Definição do local e de métodos de medição.....	48
4.4.4	Compilação de dados .....	49
4.5	CONFORTO LUMINOSO.....	50
4.5.1	Equipamentos.....	50
4.5.2	Procedimentos .....	50
4.5.3	Critérios para as medições .....	52
5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	55
5.1	DEFINIÇÃO DA AMOSTRA E CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO .....	55
5.1.1	Critérios de definição de salas .....	55
5.1.2	Definição da amostra de usuários.....	56
5.2	PRÉ-SELEÇÃO DOS ESPAÇOS .....	56
5.3	REALIZAÇÃO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO DA AMOSTRA PRÉ-SELECIONADA.....	57
5.4	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS E TÉCNICAS DA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO .....	57

5.5	LEVANTAMENTO DE DADOS, APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS E ENTREVISTAS .....	59
5.5.1	Confecção dos questionários .....	59
5.5.2	Questionário 1 – percepção sobre as medições.....	61
5.5.3	Questionário 2 - aspectos físicos e subjetivos .....	62
6	ANÁLISE.....	63
6.1	ANÁLISES GERAIS DAS SALAS .....	64
6.1.1	Sala S01 .....	64
6.1.2	Sala S03 .....	72
6.1.3	Sala S04 .....	78
6.1.4	Sala S14.....	85
6.1.5	Sala S19.....	93
6.1.6	Sala S24.....	101
6.1.7	Sala S26.....	108
6.1.8	Sala de estudos da rampa vermelha .....	115
6.2	CONFORTO TÉRMICO .....	120
6.2.1	Térmico: NBR 16401 .....	120
6.2.2	Umidade somente: NBR 16401 .....	123
6.2.3	Análise de satisfação térmica por Fanger .....	124
6.3	CONFORTO ACÚSTICO .....	140
6.4	CONFORTO LUMINOSO .....	142
6.4.1	Iluminância e refletância: NBR 5413 .....	142
6.5	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS .....	144
6.6	PSICOLOGIA AMBIENTAL .....	149
6.6.1	Análise dos grupos .....	149
6.6.2	Comentário sobre a distração .....	151
6.6.3	Discussão sobre a relação de padrões técnicos e satisfação dos indivíduos	152
6.6.4	Contexto Politécnico .....	154
6.6.5	Percepção dos indivíduos em relação ao prédio e à instituição .....	167
7	SOLUÇÕES.....	171
7.1	CONFORTO TÉRMICO .....	173
7.2	CONFORTO ACÚSTICO .....	181
7.3	CONFORTO LUMINOSO.....	185



7.4	PSICOLOGIA AMBIENTAL .....	191
8	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES .....	192
9	CONCLUSÃO .....	193
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197
10.1	APO.....	197
10.2	PSICOLOGIA AMBIENTAL .....	197
10.3	CONFORTO TÉRMICO .....	199
10.4	CONFORTO ACÚSTICO .....	200
10.5	CONFORTO LUMINOSO .....	201
10.6	CONTEXTO POLITÉCNICO .....	202
10.7	SOLUÇÕES .....	203
11	APÊNDICES .....	207
11.1	APO.....	207
11.1.1	Resumo das respostas dos questionários passados nas salas: .....	207
11.1.2	Matriz completa com as respostas dos questionários passados nas salas:..	207
11.1.3	Resumo das respostas do questionário online: .....	207
11.1.4	Resumo do Projeto:.....	207
11.2	PSICOLOGIA AMBIENTAL .....	207
11.2.1	Pôster para a exposição de psicologia ambiental – plantas do edifício:.....	207
11.2.2	Pôster para a exposição de psicologia ambiental – fotos antigas do edifício:	207
11.2.3	Pôster para a exposição de psicologia ambiental – fotos atuais do edifício:	207
11.3	CONFORTO TÉRMICO .....	207
11.3.1	Análise pela NBR 16401 - temperatura, umidade e co <sub>2</sub> : .....	207
11.3.2	Análise térmica por fanger: .....	207
11.3.3	Análise do co <sub>2</sub> pelo tempo: .....	208
11.4	CONFORTO ACÚSTICO .....	208
11.4.1	Análise pela NBR 10152 – intensidade sonora: .....	208
11.5	CONFORTO LUMINOSO .....	208
11.5.1	Análise pela NBR 5413 – iluminância e refletância:.....	208

# 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

## 1.1 INTRODUÇÃO

Projeto de diagnóstico de desempenho do prédio da engenharia civil com uso do método de Avaliação Pós Ocupação e confrontando análise com a perspectiva da Psicologia Ambiental. De modo a compreender melhor a relação entre as opiniões subjetivas dos usuários e o desempenho técnico do edifício, transpondo tal conexão a nível de projeto para entender como tais incongruências entre os frequentadores e os planejadores do local foram criadas e como evitá-las.

Para o estudo, foram escolhidas as necessidades de usuário mais relevantes para a graduação em Engenharia Civil, devido ao escopo de trabalho de conclusão de curso. A partir deste ponto, realizaram-se pesquisas de revisão bibliográfica e as medições de diversos parâmetros selecionados em 8 salas diferentes do prédio e em um local de passagem em duas épocas do ano. Além disso, foram coletadas cerca de 460 opiniões de usuários na forma de questionários durante as medições e mais de 100 questionários online sobre a percepção da Escola Politécnica e do edifício para, por fim, analisar todos os dados para serem levantadas conclusões pertinentes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

“A Avaliação Pós-Ocupação no Brasil é um campo novo de conhecimento para as áreas de Arquitetura e Engenharia. Segundo Ornstein (1992), a repetição sucessiva de enganos ou erros na produção de edificações nacionais carece de avaliações sistemáticas de desempenho. Ornstein (1992, p.11) diz, ainda, que “desde a eclosão da arquitetura moderna internacional, o que ocorre muitas vezes é a reprodução de modelos importados ou fundamentados em más interpretações arquitetônicas decorrentes de experiências nem sempre afetas à nossa realidade”. (Brenda Leite, p. 72)

Por que é importante avaliar um prédio de universidade?

A partir de estudos realizados com avaliação pós-ocupação aplicada a edificações, pensou-se em ir mais a fundo no que tem causado descontentamento aos usuários, em edificações que representam ambientes universitários, devido a suma importância que o bem-estar do usuário tem no aprendizado, servindo inclusive como estímulo ao estudo. O ambiente em que estão inseridos é essencial para manter os alunos motivados em suas atividades. Segundo o professor e mestre em educação, Mario Sergio Cortella, “é preciso distinguir motivação e estímulo. Motivação é aquilo que move, que movimenta, como um motor. É, portanto, algo interno, precisa estar dentro de nós. É possível incentivar outra pessoa, dar estímulos. Mas não dá para motivá-la”. Apesar do pressuposto de que a motivação do aluno parte do seu interior, o presente estudo pretende relacionar o ambiente universitário como estimulante do desempenho do aluno e conservador da sua motivação. O estudo será uma extensão da avaliação pós-ocupação aplicada a edificações, que tem se mostrado como uma prática eficiente para a retroalimentação de projetos, visto que através deste método é possível perceber características da obra executada que afetam diretamente o comportamento e desempenho dos usuários, causando-lhes descontentamento.

Por que o prédio da civil?

O foco do estudo será o prédio de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Mais que um objeto de estudo, trata-se de um prédio bastante conhecido pelos realizadores do presente trabalho, devido às experiências marcadas na convivência cotidiana e que envolve grande parte da vida dos estudantes. Em média, os alunos da graduação passam entre 5 e 6 anos como usuários do prédio em período integral. Além disso, considera-se que alguns destes alunos passarão 2 anos realizando cursos de mestrado ou pós-graduação. Por se tratar de um ambiente em que um número expressivo de alunos habitam grande parte do tempo de sua vida, é essencial que o ambiente forneça boas condições de qualidade de vida aos usuários.

Segundo a OMS, a definição de qualidade de vida é a “a percepção que um indivíduo tem sobre a sua posição na vida, dentro do contexto dos sistemas de cultura e valores nos quais está inserido e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações”. Trata-se de uma definição que contempla a influência da saúde física e psicológica, nível de independência, relações sociais e das suas relações com características inerentes ao respectivo meio em que se está inserido. Neste sentido, pode-se afirmar que a qualidade de vida é definida como a “satisfação do indivíduo no que diz respeito à sua vida cotidiana”.

Objetiva-se ao final do trabalho, que a avaliação deste prédio possa ter um conteúdo abrangente quanto a possíveis soluções de ambientes universitários, adequando-se a outros prédios de mesmo cunho funcional. Acredita-se que solucionar problemas do prédio da universidade possa interferir inclusive no rendimento dos alunos que estão por vir e que usufruirão da qualidade de ensino oferecida.

### Por que Avaliação Pós-Ocupação e Psicologia Ambiental?

Sabe-se que as sensações dos usuários são de qualidade subjetiva e, portanto, um dos objetivos do trabalho é estabelecer uma conexão com os dados técnicos mensurados e as opiniões coletadas nos questionários para uma maior compreensão dos usuários e suas necessidades, bem como das formas que o ambiente construído pode afetar a vida dos que o frequentam e habitam. Para isso, serão feitas análises sobre os pontos de vista da Psicologia Ambiental e do Método de Avaliação Pós-Ocupação, para que posteriormente os resultados sejam confrontados.

Essa comparação de óticas diferentes muitas vezes é responsável pela criação de ideias inesperadas que podem resolver problemas de áreas opostas. Além disso, é importante ressaltar a iniciativa de abertura de um diálogo entre o prédio e sua administração com os usuários, cujos desejos são regularmente diferentes.

No mundo contemporâneo, apesar de cada vez mais corrente, ainda é incomum a abordagem subjetiva em um projeto de engenharia, o que pode, comumente, acarretar uma série de falhas em relação ao projeto, suas expectativas e execução, assim como entre as necessidades de usuários esperadas e reais. Isso é ainda mais visível na realidade brasileira, que possui um mercado de construção civil problemático e carente de estudos que permitam a diminuição de custos de projeto, construção e manutenção, juntamente com previsões mais acuradas e eficientes do que os usuários realmente desejam.

Por outro lado, este estudo visa também o maior envolvimento dos usuários do prédio da civil com o seu ambiente, ocupando-o de forma produtiva e levando a uma melhoria da qualidade de vida no geral. Com isso, espera-se não só que soluções para os problemas sejam encontradas, mas que também seja criado um canal de comunicação entre aqueles que administram a instituição e aqueles que a frequentam (alunos, professores, funcionários, transeuntes etc.), trazendo benefícios aos dois lados que superem a tecnicidade do ambiente.

## **2 OBJETIVOS**

Para a realização de um estudo coeso e rico, tornando-o base para diversas reflexões e concretizando os anos passados na Escola Politécnica, é necessário que se ditem etapas, a trazer uma organização e clareza ao projeto. Assim sendo, estabelecem-se a seguir os objetivos geral e específicos buscados.

- **Objetivo Geral:**

1. Elaborar um diagnóstico das condições do prédio com base nos problemas apontados como mais significativos pelos frequentadores (alunos, professores e funcionários), estabelecendo uma conexão com a percepção dos alunos usuários;

- **Objetivos Específicos:**

2. Propor um projeto de adaptação/melhoria do prédio de Engenharia Civil com base nos resultados obtidos na pesquisa a ser realizada com a aplicação do método de Avaliação Pós-Ocupação considerando aspectos da Psicologia Ambiental.
3. Identificar as preferências dos usuários com relação aos confortos térmicos, acústicos e luminosos, quando submetidos às mesmas condições do ambiente;
4. Criar um banco de dados de medições térmicas, acústicas e luminosas realizadas em salas de aula do prédio, durante as estações de inverno e de verão;
5. Criar diretrizes de projetos para os problemas apontados.

### **2.1 DETALHAMENTO DOS OBJETIVOS**

#### **2.1.1 OBJETIVO GERAL**

- Elaborar um diagnóstico das condições do prédio com base nos problemas apontados como mais significativos pelos frequentadores (alunos, professores e funcionários), estabelecendo uma conexão com a percepção dos alunos usuários;

É sempre importante levantar a história dos locais em que se vive para entender a sua importância, construir laços e promover iniciativas de proteção e melhorias ao mesmo. Por

isso, acredita-se ser relevante compreender a concepção do edifício em estudo e apresentá-la aos usuários, levando-se em consideração especialmente a formação acadêmica daqueles que o frequentam, o que pode contribuir para sua graduação.

Além disso, pretende-se levantar dados técnicos do edifício por meio de vistorias, medições, consultas a especialistas e pesquisas bibliográficas. Tais informações serão catalogadas juntamente com questionários respondidos pelos usuários e analisadas para a compreensão da relação que se dá entre indivíduos e espaços. A partir deste ponto, entende-se que possa ser necessária a proposição de medidas para a melhoria dessa relação.

### **2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Propor um projeto de adaptação/melhoria com a aplicação da Psicologia Ambiental e do método de Avaliação Pós-Ocupação:

Para propor um projeto de adaptação ao prédio da Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pretende-se utilizar o método de APO para agrupar informações sobre o ambiente estudado através de questionários, medições e pesquisas bibliográficas para, posteriormente, analisar sob a ótica da engenharia e da psicologia ambiental. Desta forma, visa-se melhorar a compreensão das necessidades dos usuários e as suas relações com o espaço.

- Identificar as preferências dos usuários com relação aos confortos térmicos, acústicos e luminosos, quando submetidos às mesmas condições do ambiente;

É conhecido que, em determinada condição ambiental, diferentes indivíduos possuem diferentes sensações, as quais podem ser multiplicadas ao se considerarem as variadas condições às quais alguém pode estar submetido. Por tal motivo, é importante estudar como as características pessoais dos indivíduos geram sensações únicas, para relacioná-las aos aspectos técnicos do ambiente, tornando as necessidades dos usuários mais fáceis de se prever e otimizando os futuros projetos que as levem em consideração.

Para alcançar este objetivo, espera-se encontrar conexões entre os dados dos questionários respondidos pelos usuários e aqueles medidos simultaneamente.

- Criar um banco de dados de medição nas salas de aula do prédio.

Criação de um banco de dados técnicos relativos às condições ambientais encontradas nos ambientes analisados, organizando-os e disponibilizando-os para consultas, visando permitir novos e mais elaborados estudos que envolvam as situações pesquisadas.

Os bancos de dados seriam originados a partir de medições com equipamentos adequados e consulta a documentos e especialistas. As áreas a serem abordadas e disponibilizadas seriam: térmica, acústica, iluminação e, até certo ponto, antropodinâmica.

- Criar diretrizes gerais para os problemas encontrados.

Com o projeto finalizado, pretende-se criar uma série de diretrizes para o tratamento de problemas comuns. Desta maneira, tem-se a intenção de facilitar o trabalho de pesquisa para estudos futuros com uma boa organização e acessibilidade no geral, agilizando o encontro das informações desejadas e contribuindo de alguma forma para a melhoria ou construção melhor adaptada de ambientes similares. Vale também ressaltar que o método a ser utilizado no trabalho pode ser replicado.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 AVALIAÇÃO PÓS – OCUPAÇÃO**

O Método de Avaliação Pós-Ocupação (APO) compõe basicamente o processo de verificação de desempenho de um edifício de acordo com os seus reais usos e usuários, planejados ou não.

Segundo Weiss (1997), a APO é a verificação de forma sistemática dos processos relacionados às funções esperadas de quaisquer ambientes projetados ou ainda do desempenho destes espaços como são usados durante sua ocupação ou ambos. Tal investigação se dá através de comparações feitas contrastando padrões implícitos ou explícitos, sempre com a intenção de melhorar os processos ou os próprios ambientes.

Zimring (2002) ressalta a importância da definição visando a significação clara do método e, portanto, exprime a necessidade de seguimento de uma metodologia explícita, aceita por profissionais da área e desenvolvida para a APO, podendo ser qualitativa ou quantitativa. O destaque das formas e indicadores de verificação de desempenho devem ser então imprescindivelmente destacados para a facilitação da compreensão do estudo e das comparações a serem feitas, uma vez que os resultados podem trazer diferentes conclusões para pontos de vista conflitantes, como, por exemplo, o de uma organização que ocupa um espaço contra o de seus funcionários que o usam.

Destrinchando o método, Zimring conclui sete finalidades para a APO:

1. Aprendizado baseado em projetos;
2. Ajustes (fine-tuning);
3. Diagnóstico;
4. Teste de inovação;
5. Suporte de decisões estratégicas;
6. Manutenção da qualidade;
7. Aprendizado organizacional;



A aplicação do método pode ter uma ou mais finalidade. Ademais, Zimring afirma que o foco de uma APO deve ser melhorar o ambiente construído e não apenas estudá-lo, sem esquecer o método de APO é um complemento a outras práticas, devendo por isso incluir as atividades de planejamento, programação, design, engenharia de valor, construção, gerenciamento das instalações e reuso.

Independente da finalidade, estes estudos têm como ponto central compreender as necessidades dos usuários, seus níveis de satisfação e aferir o desempenho do ambiente em relação à teoria e prática para finalmente realizar uma avaliação sobre os dados obtidos.

Para direcionar a ponderação, a ISO 6241: 1980 (International Standards Organization 6241: Performance standards in building – Contents and presentation) (ISO 19208: 2016) propõe uma série de requisitos dos usuários e subsistemas do ambiente apresentados a seguir:

- Requisitos dos usuários
  - Estabilidade;
  - Segurança ao fogo;
  - Segurança de utilização;
  - Estanqueidade;
  - Conforto higrotérmico;
  - Pureza do ar;
  - Conforto acústico;
  - Conforto visual;
  - Conforto tátil;
  - Conforto antropodinâmico;
  - Higiene;
  - Adaptação dos espaços para usos específicos;
  - Durabilidade;
  - Economia.
- Subsistemas do Edifício:
  - Estrutura;
  - Envoltória;
  - Divisões externas à envoltória;

- Divisões internas à envoltória;
- Serviços (água, ar-condicionado, instalações).

Por fim, destaca-se que os critérios de desempenho a serem usados nos processos de verificação do nível de satisfação devem ser estabelecidos de acordo com as necessidades e atividades exercidas pelos usuários no ambiente de estudo determinado.

## **3.2 PSICOLOGIA AMBIENTAL**

### **3.2.1 ORIGENS**

A Psicologia Ambiental teve origem no fim dos anos 50, sob a alcunha de “Psicologia da Arquitetura” (Architetural Psychology), durante o processo de reconstrução das cidades no pós II Guerra Mundial. Ao longo do processo de implementação de programas habitacionais de larga escala, arquitetos e planejadores urbanos, aliados a cientistas comportamentais, concluíram que o ambiente construído deveria refletir não somente padrões de construção e estética, mas também fatores até então não levados em consideração, como necessidades psicológicas e comportamentais dos futuros componentes (CANTER & CRAIG, 1981, citado em MELO, 1991).

O termo “Psicologia Ambiental” surgiu, propriamente, durante um seminário a respeito do relacionamento entre o “design” de hospitais psiquiátricos e a evidência do processo terapêutico (FISHER et al., 1984). Nos anos 70, a Psicologia Ambiental passou a ser oferecida como disciplina em cursos da Universidade de Nova York e da Universidade de Surrey, pioneiras na abordagem do tema (MELO, 1991).

### **3.2.2 CARACTERÍSTICAS DA PSICOLOGIA AMBIENTAL**

A Psicologia Ambiental possui forte caráter multidisciplinar, englobando áreas de estudo de Psicologia, Arquitetura, Engenharia, Geografia Humana, Sociologia, Antropologia. Tão logo a Psicologia Ambiental foi definida como um campo de estudo particular, seus

estudiosos voltaram suas pesquisas para a necessidade de criação de ambientes apropriados às necessidades humanas, levando em conta a premissa de que a configuração ou “design” de um ambiente exerce influência sobre o comportamento humano nele. Um exemplo simplório dessa visão determinista seria pensar em utilizar uma cozinha como quarto de dormir, ou uma sala como banheiro: a estrutura de certos ambientes pode determinar o tipo de atividade que pode ser desenvolvida dentro deles (MELO, 1991).

Posteriormente, a Psicologia Ambiental passou a considerar também aspectos dos indivíduos, já que eles podem modificar a forma como o ambiente pode influenciar os comportamentos. Os estudos, dessa forma, passaram a englobar as inter-relações entre o ambiente físico (seja ele natural ou construído) e o comportamento humano, considerando as influências mútuas que um causa no outro. (CANTER & CRAIK, 1981 citado em MELO, 1981).

Atualmente, a Psicologia Ambiental adota um modelo transacional de estudo, que leva em conta, além das características dos ambientes físicos e do comportamento humano, também os objetivos dos indivíduos em uma determinada situação. Esses objetivos são organizados e estruturados em processos sociais e organizacionais, que estão associados a determinadas ações desenvolvidas em lugares específicos. Assume-se, portanto, que indivíduos envolvidos em uma mesma situação possuam objetivos distintos, sendo essas diferenças as responsáveis por justificar os diferentes critérios usados por eles para avaliar o mesmo ambiente. Essa premissa é a que norteia a teoria de “Environmental Role”, desenvolvida por CANTER (1977), que analisa os padrões de interação desenvolvidos por um indivíduo em um determinado ambiente.

### **3.2.3 PSICOLOGIA AMBIENTAL APLICADA EM AMBIENTES EDUCACIONAIS**

“Em ambientes educacionais, como em nenhum outro lugar, grandes grupos de indivíduos permanecem muito próximos por muitas horas, sob a exigência de desempenharem com eficiência máxima difíceis tarefas de aprendizagem e conviverem harmoniosamente” (WEINSTEIN, 1981).

Psicólogos ambientais acreditam que a aparelhagem educacional pode e deve tornar a educação mais eficiente e prazerosa. A configuração física do ambiente escolar pode não ser um fator determinante do desempenho dos estudantes, mas sua interação com fatores não

físicos pode facilitar ou dificultar o processo de aprendizagem. Um estudo realizado por Wollin e Montagne (WOLLIN E MONTAGNE, *Environment and Behavior*, 1981, pp.707-716), por exemplo, transformou uma sala de aula estéril de Introdução à Psicologia em um ambiente mais luminoso, com plantas, quadros, almofadas e tapetes, de modo que os resultados dos exames de alunos que passaram cinco semanas na nova sala foram significativamente superiores aos de alunos que continuaram em salas estéreis. Estes resultados corroboram a teoria de que uma boa aliança entre a configuração física e fatores não físicos do ambiente escolar tende a aumentar a produtividade e o aprendizado dos alunos, além da satisfação e da motivação de professores e funcionários.

Segundo Robert Gifford (GIFFORD, *Environmental Psychology*, 2002, pp. 296-330), as características pessoais dos estudantes (experiências escolares anteriores, idade, sexo, personalidade, grau de comprometimento) interagem com as configurações físicas do ambiente (tamanho, nível de ruído, climatização, grau de luminosidade, design, densidade populacional) e com o clima sócio-organizacional da instituição (regras, currículo, método de ensino, orientação tradicional ou progressiva), de forma a produzir atitudes (satisfação com a escola, insatisfação com a sala de aula, comprometimento com o aprendizado, etc) e comportamentos (participação na aula, atenção, persistência, criatividade, performance, etc). A maioria dos estudiosos dificilmente conseguirá abordar todos estes fatores em um único estudo, mas é um consenso entre psicólogos ambientais que uma análise das interações entre fatores físicos e comportamentais pode levar à melhor solução para cada instituição; não há uma fórmula pronta ou solução genérica que possa ser replicada indiscriminadamente. Escolas abertas (open-plan) e liberais, por exemplo, podem ser melhores para certos estudantes e certas regiões, enquanto o mesmo pode ser afirmado em relação a escolas tradicionais.

Carol Weinstein (WEINSTEIN, *The physical environment of the school: A review of the research*, 1979, pp. 577-610), pioneira na aplicação da Psicologia Ambiental em ambientes educacionais, apontou quatro premissas de profissionais que estudam esse tema:

- Embora a configuração física do ambiente escolar geralmente não influencie diretamente no ensino, ela pode facilitar ou dificultar a aprendizagem. Um alto nível de ruído, por exemplo, interfere diretamente na transmissão de informação do professor para os alunos;

- Os efeitos da configuração física do ambiente escolar no aprendizado não são universais, mas são moderados pelos contextos social e instrucional. Uma escola aberta e liberal é ineficaz quando os educadores simplesmente importam métodos de ensino de escolas tradicionais, por exemplo.
- Não há uma configuração de aprendizagem melhor do que outra. As melhores configurações físicas são as que dialogam bem com o tipo de matéria sendo ensinada, as metas da classe e as características dos estudantes. Uma mesma configuração pode funcionar incrivelmente bem em um contexto, e terrivelmente mal em outro. Um exemplo extremo seria ensinar crianças a jogarem futebol em uma quadra de vôlei, por exemplo.
- O aprendizado é maximizado quando as configurações físicas do ambiente estudantil são tão cuidadosamente consideradas quanto qualquer outro aspecto do universo educativo, como o currículo, as habilidades de ensino dos professores, as características dos alunos etc. Poucos programas educacionais dão importância ao estudo das configurações físicas do ambiente.

Portanto, têm-se que as atitudes e comportamentos no aprendizado são influenciados pelas características pessoais dos estudantes, pelas configurações físicas do ambiente escolar e pelas condições sócio-organizacionais. Tais características, configurações e condições são também interdependentes.

Alguns exemplos do que significam essas categorias supracitadas estão listados a seguir:

- Atitudes no aprendizado:
  - Satisfação com a escola;
  - Desejo de aprender;
  - Etc.
- Comportamento no aprendizado:
  - Participação;
  - Persistência;

- Performance;
  - Pontualidade;
  - Etc.
- Características pessoais dos estudantes:
  - Experiência escolar;
  - Motivação a aprender;
  - Postura em relação à escola;
  - Idade;
  - Sexo;
  - Etc.
- Configurações físicas do ambiente escolar:
  - Tamanho;
  - Nível de ruído;
  - Densidade populacional;
  - Design;
  - Temperatura e umidade;
  - Etc.
- Condições sócio-organizacionais:
  - Regras;
  - Currículo;
  - Método de ensino;
  - Estilo dos professores;
  - Etc.

### 3.3 CONFORTO TÉRMICO

Analisar o conforto térmico é importante para melhor se compreender quais as variáveis que envolve, quais são os índices mais relevantes, quais seus efeitos sobre a saúde e produtividade humana e também quais os fatores que a ela podem ser relacionados.

### 3.3.1 DEFINIÇÕES

O conforto térmico pode ser visto e analisado sob dois aspectos: sob o ponto de vista pessoal e sob o ponto de vista ambiental.

O ponto de vista pessoal é aquele onde uma determinada pessoa que se encontre em um determinado ambiente esteja em estado confortável com relação à sua sensação térmica.

Quanto ao ponto de vista ambiental, estudos de conforto propõem o estabelecimento de um estado térmico para determinado ambiente, com relação às suas variáveis físicas, a fim de que um menor número de pessoas esteja insatisfeito com o mesmo.

Segundo Fanger, (1970), como o conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais e também variáveis subjetivas ou pessoais, não é possível que um grupo de pessoas sujeitas ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja inteiramente satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais das pessoas. As variáveis físicas de influência para a obtenção do conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade relativa do ar. As variáveis pessoais envolvidas nas análises são: atividade desempenhada pela pessoa (indicativa da quantidade de calor produzida pelo organismo, e apresentada sob a forma de taxa metabólica) e vestimenta utilizada pela pessoa (indicativa da resistência térmica oferecida às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e apresentada sob a forma de isolamento térmico das roupas).

Segundo Howell e Stramler (1981), além das variáveis acima, normalizadas, existem variáveis psicológicas a serem levadas em consideração nos estudos de conforto térmico, tão ou mais significativas do que as padronizadas, que são: temperatura percebida pela pessoa, sentimento próprio de se sentirem mais aquecidas ou mais refrescadas do que outras pessoas, tolerância percebida ou tolerabilidade, ajustamento ou adaptação. Além dessas quatro, apontam os autores ainda outras quatro variáveis psicológicas consequentes, as quais são indícios da tolerância percebida, quais sejam: Decréscimo de performance, decréscimo de conforto, decréscimo de energia física e decréscimo de afeto.

O conforto térmico é, em linhas gerais, obtido por trocas térmicas que dependem de vários fatores, ambientais e pessoais, governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução. Além do balanço de calor entre o corpo e o ambiente, o presente trabalho também enfocou aspectos relacionados aos parâmetros subjetivos ligados ao conforto térmico, como sensações e preferências térmicas.

### 3.3.2 VARIÁVEIS FÍSICAS OU AMBIENTAIS

Variáveis físicas ou ambientais são as variáveis referentes às condições termo climáticas do ambiente pesquisado, medidas por equipamento específicos, as quais, segundo a norma internacional ISO 7730 (1994), são as variáveis apontadas pelos estudos de Fanger (1970) em câmaras climatizadas, definidas abaixo de acordo com a ISO-DIS 7726 (1996).

1. Temperatura do ar,  $t_a$ , em °C: É a temperatura do ar ao redor do corpo humano. Essa variável é levada em consideração nos estudos de conforto térmico para determinar-se a troca de calor por convecção entre a pessoas e o ambiente ao redor. Essa variável pode ser medida através de sensores de expansão de líquidos ou sólidos, termômetros elétricos, de resistência variável ou termopares.
2. Temperatura radiante média,  $t_{rm}$ , em °C: É a temperatura uniforme de um ambiente imaginário, no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não uniforme. A temperatura radiante média pode ser medida utilizando-se um termômetro de globo negro, um radiômetro de duas esferas, um sensor esférico ou elipsoidal à temperatura do ar constante, através das temperaturas superficiais das superfícies ao redor do corpo humano, ou ainda através das temperaturas radiantes planas determinadas nas seis direções ao redor do indivíduo. O termômetro de globo negro é o dispositivo mais usual na determinação dessa variável, sendo que, nesse caso a temperatura média radiante é obtida por observações dos valores simultâneos da temperatura de globo,  $t_g$ , e da temperatura e velocidade do ar ao redor do globo. Para o globo negro de 0,15 m de diâmetro (globo padronizado), a temperatura média radiante pode ser calculada por uma das duas expressões abaixo:

No caso de convecção natural:

$$t_{rm} = \left[ (t_g + 273)^4 + 0,4 * 10^8 * [t_g - t_a]^{1/4} * (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad (1)$$



No caso de convecção forçada:

$$t_{rm} = \left[ (t_g + 273)^4 + 2,5 * 10^8 * V_a^{0,6} * (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad (2)$$

Onde:

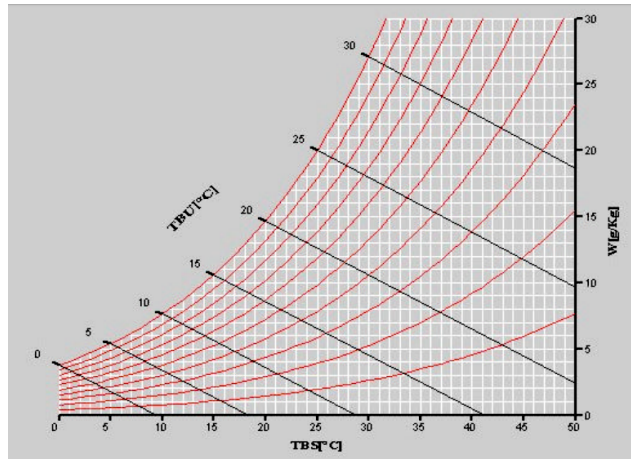
$V_a$  = velocidade do ar ao nível do globo, em m/s;

$t_a$  = temperatura do ar, em °C;

$t_g$  = temperatura de globo, em °C.

3. Velocidade do ar,  $V_a$ , em m/s: a velocidade do ar, é considerada a magnitude do vetor velocidade do fluxo de ar no ponto de medição, e deve ser levada em consideração nos estudos de conforto térmico devido à sua participação na transferência de calor por convecção e por evaporação na posição da pessoa. Os tipos de equipamentos mais comuns para a medição da velocidade do ar, são os anemômetros de fio quente, direcionais, e os anemômetros de esfera aquecida, omnidirecionais.
4. Umidade absoluta do ar,  $P_a$ , em kPa: É a quantidade de água contida em um volume de ar úmido. Pode ser expressa pela pressão parcial do vapor de água do ar úmido,  $p_a$ . Sua determinação usual é através da utilização de um psicrômetro, equipamento que mede simultaneamente a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido. Com essas duas leituras, o valor da umidade do ar é obtido pela utilização das relações psicrométricas constantes da ISO 7726 (1996), relações essas que se apresentam graficamente através da carta psicrométrica conforme a apresentada na figura abaixo.

Figura 1 - Carta Psicrométrica



Fonte: Adaptado de Xavier (1999)

Muitas vezes, em estudos de conforto é utilizada a noção de umidade relativa do ar, "e", adimensional ao invés de umidade absoluta, a qual pode ser definida como a quantidade de vapor de água contida em um volume de ar úmido, com relação ao total de vapor de água que poderia estar contido nesse volume de ar, a uma dada temperatura. É dada pela razão entre a pressão parcial do vapor de água no ar úmido,  $P_a$ , e a pressão de saturação do vapor de água,  $P_{as}$ , à mesma temperatura e à mesma pressão atmosférica. Pode ser determinada pela equação abaixo:

$$e = \frac{P_a}{P_{as}} \quad (3)$$

Essa umidade relativa também pode ser expressa em porcentagem, UR, sendo sua determinação expressa conforme equação abaixo:

$$UR = 100 \times e \quad (4)$$

### 3.3.3 VARIÁVEIS PESSOAIS OU INDIVIDUAIS

São as variáveis de influência sobre o conforto térmico, cujos valores encontram-se normalmente tabelados, sendo suas respectivas definições apresentadas abaixo, de acordo com a ASHRAE Standard 55 (1992).

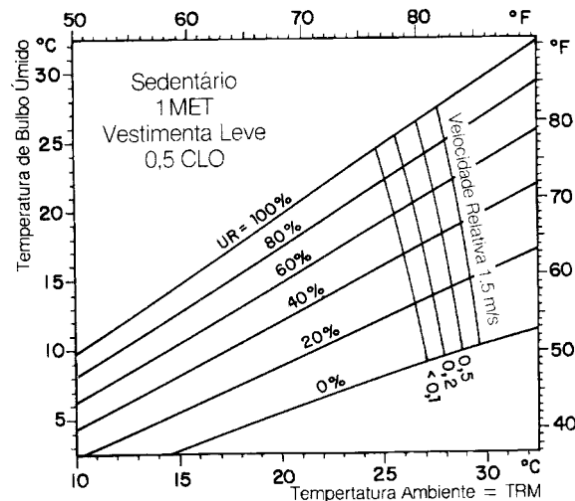
1. A atividade desempenhada pela pessoa (taxa metabólica): É a taxa de produção de energia do corpo. O metabolismo, que varia de acordo com a atividade desempenhada é expresso em unidade "met". 1 met, que corresponde a  $58,2 \text{ W/m}^2$ , é igual a energia produzida por unidade de área superficial do corpo para uma pessoa sentada em repouso. A área superficial aproximada de uma pessoa média é de  $1,8 \text{ m}^2$ . Os valores dessa variável podem ser extraídas da tabela A.1 da ISO 7730 (1994). Além dessa tabela, a taxa metabólica também pode ser determinada pelas tabelas constantes na ASHRAE (1997), ou através do consumo de oxigênio e da taxa de batimento cardíaco, conforme ISO 8996 (1990).
2. A vestimenta (isolamento térmico da roupa): A roupa utilizada pela pessoa, é responsável pela resistência oferecida às trocas de calor sensível entre o corpo e o ambiente, através de seu isolamento térmico. É descrito como o isolamento intrínseco da pele para a superfície externa das roupas, não incluindo a resistência fornecida pela camada de ar ao redor do corpo. A representação convencional dessa variável é "Icl", expresso em  $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$  ou em "clo", sendo que 1 clo equivale a  $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Os valores do isolamento térmico das roupas, ou das peças que compõem o traje utilizado pela pessoa, é função do material de confecção dos mesmos, bem como da espessura dos tecidos e materiais das roupas. A determinação desses valores foi feita utilizando-se manequins aquecidos, (Fanger, 1970), sendo que os resultados dessas determinações se encontram devidamente tabelados nas normas e manuais ISO 7730 (1994), ISO 9920 (1995) e ASHRAE (1997).

### **3.3.4 CONDIÇÕES PARA O CONFORTO TÉRMICO**

Para que uma pessoa se encontre em estado de conforto térmico, é necessário que se verifiquem três condições fisiológicas e ambientais, sem as quais este estado não é capaz de ser atingido, quais sejam: que a pessoa se encontre em neutralidade térmica; que a temperatura de sua pele e a sua taxa de secreção de suor, estejam dentro de certos limites compatíveis com sua atividade; que a pessoa não esteja sujeita a nenhum tipo de desconforto térmico localizado.

FANGER (1967) obteve com a ajuda de um computador uma série de combinações das variáveis pessoais e ambientais que resultavam em conforto térmico, e as representou, através de linhas de conforto, em gráficos. Esses gráficos foram chamados de Diagramas de Conforto e um deles é mostrado na figura abaixo:

Figura 2 - Diagrama de conforto de Fanger.



Fonte: Adaptado de Fanger (1970).

Os diagramas de conforto representam as combinações das variáveis que resultam em conforto térmico, todavia, sob o ponto de vista prático, era necessário conhecer-se o grau de desconforto experimentado pelas pessoas em ambientes que tivessem condições diferentes daquelas de conforto térmico.

Assim FANGER (1970) definiu um critério para avaliar esse grau de desconforto, relacionando as variáveis que influenciam no conforto térmico com uma escala de sensação térmica definida por ele. Esse critério ele chamou de Predicted Mean Vote-PMV (Voto Médio Estimado-VME). A escala de sensação térmica definida por FANGER tem os seguintes níveis:

- 3 - muito frio
- 2 - frio
- 1 - leve sensação de frio
- 0 - neutralidade térmica

+ 1 - leve sensação de calor

+ 2 - calor

+ 3 - muito calor

Essa escala é simétrica em relação ao ponto 0 (zero), que corresponde ao conforto térmico e apresenta valores de 1 a 3 que podem ser positivos, correspondendo às sensações de calor, ou negativos, correspondendo às sensações de frio. A relação entre as sensações térmicas da escala estabelecida e as variáveis que influenciam o conforto térmico foi obtida partindo do princípio de que à medida em que as condições térmicas de um ambiente se afastam daquelas de conforto, o sistema termorregulador do corpo deve agir mais intensamente de forma a evitar variações significativas na temperatura interna. Esse maior trabalho do sistema termorregulador provoca maior desconforto. Assim, Fanger relacionou, para uma determinada atividade, a sensação de desconforto ao grau de atuação do sistema termorregulador, através de um índice que considerava o distanciamento das condições de conforto. Esse índice, denominado de Índice de Carga Térmica (ICT), é definido em FANGER (1970) como a diferença entre o calor produzido internamente para uma dada atividade e o calor que seria trocado em condições de neutralidade térmica, para a mesma atividade e mesmo ambiente.

A equação do voto médio estimado, a exemplo da equação de conforto, é complexa e de difícil manipulação; assim, para aplicação prática, Fanger preparou uma tabela que fornece o voto médio estimado para a combinação de 8 diferentes níveis de atividade, 7 possibilidades de vestimenta, 9 velocidades relativas do ar e 8 temperaturas do ambiente. Uma parte dessa tabela é mostrada na tabela a seguir:

Tabela 1 - Estimativa de voto médio

Grau de atividade física = 58,2 W/m <sup>2</sup>										
Vestimenta clo	Temp. Ambiente °C	Velocidade relativa do ar ( m/s )								
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,00	1,50
0,25	24	- 1,52	- 1,52	- 1,80	- 2,06	- 2,47				
	25	- 1,05	- 1,05	- 1,33	- 1,57	- 1,94	- 2,24	- 2,48		
	26	- 0,58	- 0,61	- 0,87	- 1,08	- 1,41	- 1,67	- 1,89	- 2,66	
	27	- 0,12	- 0,17	- 0,40	- 0,58	- 0,87	- 1,10	- 1,29	- 1,97	- 2,41
	28	0,34	0,27	0,07	- 0,09	- 0,34	- 0,53	- 0,70	- 1,28	- 1,66
	29	0,80	0,71	0,54	0,41	0,20	0,04	- 0,10	- 0,58	- 0,90
	30	1,25	1,15	1,02	0,91	0,74	0,61	0,50	0,11	- 0,14
	31	1,71	1,61	1,51	1,43	1,30	1,20	1,12	0,83	0,63
0,50	23	- 1,10	- 1,10	- 1,33	- 1,51	- 1,78	- 1,99	- 2,16		
	24	- 0,72	- 0,74	- 0,95	- 1,11	- 1,36	- 1,55	- 1,70	- 2,22	
	25	- 0,34	- 0,38	- 0,56	- 0,71	- 0,94	- 1,11	- 1,25	- 1,71	- 1,99
	26	0,04	- 0,01	- 0,18	- 0,31	- 0,51	- 0,66	- 0,79	- 1,19	- 1,44
	27	0,42	0,35	0,20	0,09	- 0,08	- 0,22	- 0,33	- 0,68	- 0,90
	28	0,80	0,72	0,59	0,49	0,34	0,23	0,14	- 0,17	- 0,36
	29	1,17	1,08	0,98	0,90	0,77	0,68	0,60	0,34	0,19
	30	1,54	1,45	1,37	1,30	1,20	1,13	1,06	0,86	0,73
0,75	21	- 1,11	- 1,11	- 1,30	- 1,44	- 1,66	- 1,82	- 1,95	- 2,36	- 2,60
	22	- 0,79	- 0,81	- 0,98	- 1,11	- 1,31	- 1,46	- 1,58	- 1,95	- 2,17
	23	- 0,47	- 0,50	- 0,66	- 0,78	- 0,96	- 1,09	- 1,20	- 1,55	- 1,75
	24	- 0,15	- 0,19	- 0,33	- 0,44	- 0,61	- 0,73	- 0,83	- 1,14	- 1,33
	25	0,17	0,12	- 0,01	- 0,11	- 0,26	- 0,37	- 0,46	- 0,74	- 0,90
	26	0,49	0,43	0,31	0,23	0,09	0,00	- 0,08	- 0,33	- 0,48
	27	0,81	0,74	0,64	0,56	0,45	0,36	0,29	0,08	- 0,05
	28	1,12	1,05	0,96	0,90	0,80	0,73	0,67	0,48	0,37
1,00	20	- 0,85	- 0,87	- 1,02	- 1,13	- 1,29	- 1,41	- 1,51	- 1,81	- 1,98
	21	- 0,57	- 0,60	- 0,74	- 0,84	- 0,99	- 1,11	- 1,19	- 1,47	- 1,63
	22	- 0,30	- 0,33	- 0,46	- 0,55	- 0,69	- 0,80	- 0,88	- 1,13	- 1,28
	23	- 0,02	- 0,07	- 0,18	- 0,27	- 0,39	- 0,49	- 0,56	- 0,79	- 0,93
	24	0,26	0,20	0,10	0,02	- 0,09	- 0,18	- 0,25	- 0,46	- 0,58
	25	0,53	0,48	0,38	0,31	0,21	0,13	0,07	- 0,12	- 0,23
	26	0,81	0,75	0,66	0,60	0,51	0,44	0,39	0,22	0,13
	27	1,08	1,02	0,95	0,89	0,81	0,75	0,71	0,56	0,48
1,50	14	- 1,36	- 1,36	- 1,49	- 1,58	- 1,72	- 1,82	- 1,89	- 2,12	- 2,25
	16	- 0,94	- 0,95	- 1,07	- 1,15	- 1,27	- 1,36	- 1,43	- 1,63	- 1,75
	18	- 0,52	- 0,54	- 0,64	- 0,72	- 0,82	- 0,90	- 0,96	- 1,14	- 1,24
	20	- 0,09	- 0,13	- 0,22	- 0,28	- 0,37	- 0,44	- 0,49	- 0,65	- 0,74
	22	0,35	0,30	0,23	0,18	0,10	0,04	0,00	- 0,14	- 0,21
	24	0,79	0,74	0,68	0,63	0,57	0,52	0,49	0,37	0,31
	26	1,23	1,18	1,13	1,09	1,04	1,01	0,98	0,89	0,84
	28	1,67	1,62	1,58	1,56	1,52	1,49	1,47	1,40	1,37

Fonte: Adaptado de Fanger (1970).

O isolamento térmico para peças de roupa pode ser retirado da tabela abaixo:

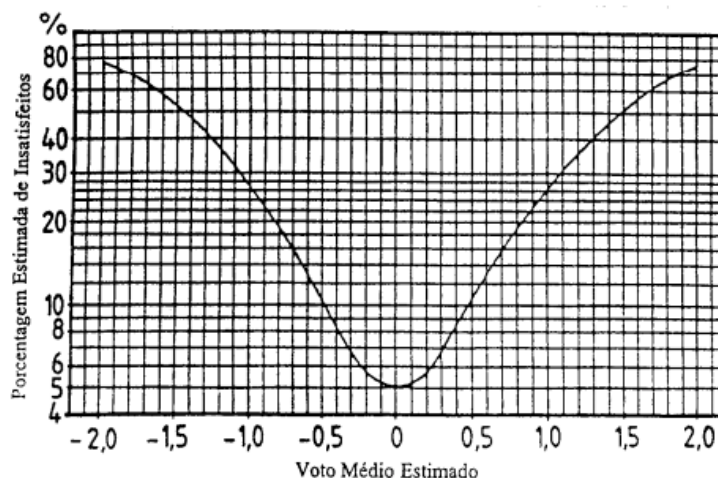
Tabela 2 - Isolamento térmico para peças de roupa de acordo com a ISO 7730 (1994).

Peças de roupa	Isolamento térmico clo
<b>Roupa de baixo</b>	
calcinha	0,03
ceroula longa	0,10
camiseta sem manga	0,04
camiseta com manga curta	0,09
camiseta com manga longa	0,12
calcinha e sutiã	0,03
<b>Camisa-blusa</b>	
mangas curtas	0,15
leve, mangas longas	0,20
normal, mangas longas	0,25
camisa de flanela, mangas longas	0,30
blusa leve, mangas longas	0,15
<b>Calça</b>	
shorts	0,06
leve	0,20
normal	0,25
flanela	0,28
<b>Vestido-saia</b>	
saia leve (verão)	0,15
saia pesada (inverno)	0,25
vestido leve, mangas curtas	0,20
vestido de inverno, mangas longas	0,40
<b>Sueter</b>	
colete sem manga	0,12
sueter leve	0,20
sueter	0,28
sueter pesado	0,35
<b>Paletó</b>	
leve, paletó de verão	0,25
paletó	0,35
guarda-pó	0,30

Fonte: ISO 7730 (1994).

Fanger também relacionou o voto médio estimado com a porcentagem estimada de insatisfeitos. Essa relação é representada pela curva da figura abaixo:

Figura 3 - Porcentagem de insatisfeitos em função do PMV.



Fonte: Adaptado de ISO 7730 (1994).

A análise da curva da figura 3 permite verificar que:

- É impossível obter num ambiente uma combinação das variáveis de conforto que satisfaça plenamente a todos os integrantes de um grande grupo. A condição de neutralidade térmica ( $PMV = 0$ ) corresponde a 5% de insatisfeitos.
- A curva é simétrica em relação ao ponto de  $PMV = 0$ , significando que sensações equivalentes de calor e de frio (mesmo PMV em valores absolutos), correspondem a igual porcentagem de insatisfeitos. A pesquisa de ROHLES et al. (1966) foi posteriormente repetida, (ROHLES & NEVINS, 1971), com oitocentos homens e oitocentas mulheres de idades entre 18 e 24 anos. O método usado nessa pesquisa foi o mesmo da anterior, só que nessa oportunidade foram testadas cento e sessenta condições que resultaram da combinação de vinte temperaturas de bulbo seco, no intervalo de 60°F (15,6°C) a 98°F (36,7°C) com incremento de 2°F (1,1°C), com oito valores de umidade relativa, no intervalo de 15 % a 85 % com incremento de 5 %. A vestimenta padrão utilizada tinha resistência térmica de 0,6 clo.



## 3.4 CONFORTO ACÚSTICO

### 3.4.1 INTRODUÇÃO

Tem-se como conforto acústico a ausência de sons indesejados, buscando o bem-estar dos usuários, a preservação da saúde, a inteligibilidade da conversa, gerando um ambiente agradável para trabalho, lazer ou descanso.

O ruído, que pode ser entendido um som desagradável, indesejável e prejudicial, nada mais é que uma perturbação que se propaga nos meios materiais, sendo capaz de ser detectada pelo ouvido humano. No contexto atual da pesquisa, tem-se que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na Norma Brasileira Registrada NBR 10152, prevê como aceitável para salas de aula um ruído ambiente de 40 a 50 dB(A), sendo que valores acima desta faixa são considerados nocivos à saúde. Por outro lado, considerando a recomendação da American National Standards Institute (ANSI) de nível máximo de pressão sonora para dentro das salas de aula (35 dB), este tem sido ultrapassado corriqueiramente nos ambientes escolares. Desta forma, ruídos intensos acabam por dificultar a comunicação verbal, acarretando o aumento da tensão psicológica e diminuição do nível de atenção.

O intuito deste segmento da pesquisa é realizar um diagnóstico da acústica e identificar possíveis problemas relacionados ao conforto acústico nas salas de aula e corredores do prédio de Engenharia Civil da EPUSP, se possível correlacionando-os com as questões construtivas e arquitetônicas do local.

Para a criação de uma boa metodologia e análise APO coerente com a teoria, propõe-se inicialmente uma revisão bibliográfica do tema e seus conceitos físicos. Desta forma, deve-se tentar definir os principais conceitos relacionados à acústica, sendo estes: o som, o ruído e inteligibilidade de voz, absorção, refração, difração, reverberação e intensidade do som. Com isto e o correto seguimento da NBR10152, a metodologia pode ser bem estruturada.

### 3.4.2 O SOM

Primeiramente, tem-se que o som é uma onda mecânica que depende de quatro fatores:

1. A fonte: excitação mecânica da superfície que inicia a perturbação;
2. A superfície: quando excitada pela fonte produz vibrações;
3. O meio de propagação: define o caminho físico do som – sólido, líquido ou gasoso;
4. O receptor: na acústica, o receptor de maior interesse é o homem.

O som, fisicamente, é uma variação muito pequena e rápida na pressão atmosférica – acima e abaixo de um valor fixo (estático), como uma onda senoidal. Existe um valor de referência em relação à pressão atmosférica em que a partir deste valor tudo que se percebe é na forma sonora. Este valor é cerca de 105Pa. O fator diferenciador entre um som audível – que se pode perceber – e o que não se pode perceber, é uma variação de pressão entre cerca de ciclos de 20 a 20.000 vezes por segundo (o que convencionou-se chamar de Hertz ou Hz).

### **3.4.3 ABSORÇÃO E REFRAÇÃO**

Pela física, a absorção ocorre na superfície incidente e é responsável pelo decaimento da energia sonora, fenômeno importante na arquitetura. A energia absorvida pode, assim, ser transformada em outros tipos de energia (principalmente térmica), produzir nova fonte sonora no material incidente, ou refratar o som para o terceiro (energia transmitida).

A refração, por sua vez, é o fenômeno que ocorre quando uma onda passa de um meio para outro de características distintas, tendo sua direção desviada. Independente de cada onda, sua frequência não é alterada na refração, no entanto, a velocidade e o comprimento de onda podem se modificar. Tem-se como exemplo o caso de sons detectados debaixo de água, os quais apresentam características diferentes daquelas que apresentam no ar. A sua intensidade poderá ser diferente e a rapidez de propagação da onda aumenta, o que provoca a alteração do seu comprimento de onda.

### **3.4.4 DIFRAÇÃO**

A difração, por fim, é o fenômeno que ocorre quando o som se depara com obstáculos, como portas, paredes, quinas, etc. Nestes casos, embora não exista uma linha reta entre a fonte sonora e o receptor (ou seja, não conseguem se notar), é possível ouvir os sons produzidos.

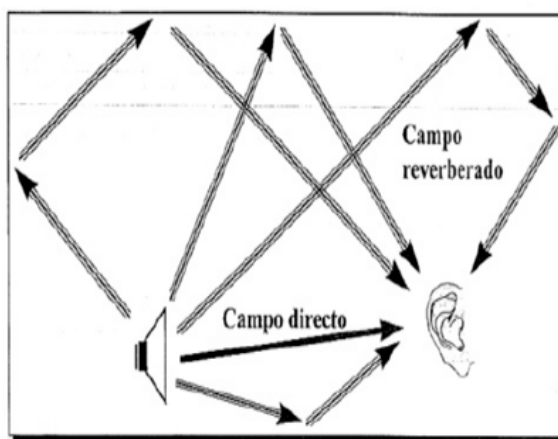
Desta forma, a difração do som é o nome que se dá à distorção da propagação retilínea do som. Para que um som sofra difração, é necessário que a dimensão do obstáculo seja inferior ou semelhante ao comprimento da onda sonora.

### 3.4.5 REVERBERAÇÃO

Em ambientes fechados, existem dois campos sonoros: da fonte e o refletido. Chegando juntos, reforçam o som, chegando separados, em pequeno intervalo, atrapalham o entendimento, caracterizando a reverberação.

O tempo de reverberação mede o tempo entre: o desligamento da fonte e a extinção do som no ambiente, no qual a intensidade sonora cai 1 milhão de vezes (60 dB) – e representa a capacidade de absorção sonora do ambiente.

Figura 4 - Reverberação



Fonte: Amorim e Licarião (2005)

Esta medida depende do volume da sala (mais importante) da área das superfícies, do coeficiente de absorção de cada revestimento e da absorção. Tempos de reverberação de 3 a 2 segundos são aceitáveis; de 2 a 1,5 bons e de 1,5 a 0,5s muito bons.

### 3.4.6 RUÍDO E INTELIGIBILIDADE DE VOZ

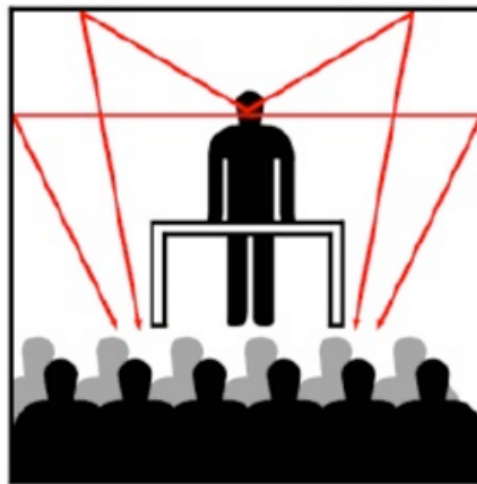
Uma conversa depende da inteligibilidade (>90%) – nível de barulho baixo, ausência

de ressonância forte, eco e concentração sonora – permitindo a compreensão do som em todo o ambiente, ainda que razoavelmente.

É útil o som que chega ao ouvido antes de 0,05s, aumentando a sensação auditiva. Acima deste intervalo é prejudicial, da origem à confusão (reverberação), pois, o ouvido bloqueia e se recompõe naquele intervalo.

Para cada volume de ambiente existe uma reverberação ideal garantindo a inteligibilidade. Para tempo de reverberação alto, uma palavra não tem tempo ser ouvida antes que se pronuncie a seguinte. À relação entre som direto e som útil, chama-se nitidez ou clareza.

Figura 5 - Variação da inteligibilidade da voz



Fonte: Amorim e Licarião (2005)

### 3.4.7 INTENSIDADE SONORA

Intensidade em acústica e música refere-se à percepção da amplitude da onda sonora. Frequentemente também é chamada de "volume" ou "nível de pressão sonora". Como ocorre com muitas outras grandezas, a percepção da intensidade pelo ouvido humano não é linear, mas logarítmica. Fisicamente, a intensidade é o fluxo de energia por unidade de área, referindo-se ao produto da pressão pela velocidade das partículas em um meio fluido, o que é equivalente à potência recebida por unidade de área.

$$I = \frac{\text{Força}}{\text{Área}} \times \frac{\text{Distância}}{\text{Tempo}} = \frac{\text{Energia}}{\text{Área} \times \text{Tempo}} = \frac{\text{Potência}}{\text{Área}} \quad (5)$$

Em termos acústicos a intensidade é o valor médio do fluxo de energia por unidade de área perpendicular à direção de propagação, medida em watt por metro quadrado (W/m²).

O Nível de Intensidade Sonora é expresso em decibéis, com referência:  $I_0=10^{-12}$  a  $12 \text{ W/m}^2$ .

O nível da intensidade sonora é dado pela expressão:

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} \quad (6)$$

Onde:

$I_{ref}$  = valor de referência, no ar é igual a  $10^{-12} \text{ W/m}^2$

Como a intensidade acústica é proporcional ao quadrado da pressão acústica *rms*, o nível de pressão sonora ( $L_p$  ou SPL) é dado pela seguinte expressão:  $L_p = 10 \log(p^2/p_{ref}^2) = 20 \log(p/p_{ref})$ , em que a pressão acústica de referência  $p_{ref}$ , é igual no ar, a 20 micro pascal. No ar, sem reflexões, os níveis  $L_I$  e  $L_p$  estão muito próximos e, na prática, são considerados iguais. Um nível negativo significa que  $I$  e  $p$  são menores que os respectivos valores de referência.

### 3.4.8 ISOLAMENTOS

#### 3.4.8.1 ISOLAMENTO AÉREO

Trata-se da propagação do som/ruído no ar. Por isso, deve-se usar materiais pesados e densos, sendo que a quantidade de isolamento depende da frequência do som incidente, das características construtivas da parede - quanto mais densa, maior o isolamento (rigidez);

Com isso, o peso de uma parede isolante pode se tornar excessivo e custoso. Então,

novas técnicas podem ser utilizadas, como a sequência de materiais com resistividade diferente. Ed: paredes duplas (colchões de ar) – isolam de 5 a 10 dB. Sua espessura tem o limite ótimo a partir do qual se deve utilizar outros materiais e técnicas.

#### 3.4.8.2 ISOLAMENTO DE IMPACTO

Trata do ruído que se propaga nos sólidos (preocupação nos prédios de apartamentos) e neste caso, os materiais utilizados são elásticos e duráveis. São utilizados colchões de ar mole e outros materiais, tais como: concreto celular, tecidos, feltros, linóleo, lã-de-vidro, Eucatex, estruturas independentes ou pisos flutuantes (laje para piso de concreto ou madeira), apoiada em capa flexível (lã, vidro, isopor, borracha, etc.), que o separam totalmente da laje estrutural.

### 3.5 CONFORTO LUMINOSO

#### 3.5.1 INTRODUÇÃO

O conforto visual é muito importante no processo do ensino aprendizagem tanto para estudantes como para professores. (CHIPS1, INC. 2006 p. 42). Pesquisas recentes têm mostrado que alunos atingem significativamente maiores notas em salas de aulas iluminadas com luz natural de forma adequada do que ambientes que não a incorpora. (IESNA 2000).

Kowaltowski (2011) no seu livro intitulado “Arquitetura Escolar: O projeto do ambiente de ensino” apresenta algumas variáveis arquitetônicas que influenciam a qualidade e aproveitamento da luz natural como a localização das aberturas, orientação das aberturas, elementos de sombreamento, forma, tamanho e posição das aberturas na edificação.

Outro aspecto a ser considerado é que a presença de luz natural quase sempre está associada a uma ligação visual dos ambientes internos com o exterior. A variação da luz natural nas diferentes horas do dia, condições climáticas e estações do ano é importante para marcar os ritmos biológicos e psicológicos das pessoas (ROBBINS, 1986). Como a luz natural é importante para a saúde, pode influenciar a capacidade e a disposição em aprender.

A utilização de iluminação natural como fonte principal de luz em edifícios escolares também tem um potencial enorme de conservação de energia. Edifícios escolares têm tipicamente seu principal consumo de energia representado pela iluminação artificial, por exemplo, no Brasil os maiores usos finais da energia em edifícios comerciais e públicos são a iluminação artificial (49%) e o ar condicionado (35%). Uma estratégia eficiente para a redução desse consumo de energia é o aproveitamento da luz natural durante as horas do dia e, conseqüentemente, a minimização do uso da luz artificial.

### **3.5.2 RECOMENDAÇÕES E ASPECTOS A SEREM ANALISADOS**

Segundo o manual do Illuminating Engineering Society of North America – IESNA (2000), a iluminação natural é primordial em escolas. O manual parte da premissa que o objetivo dos projetos de iluminação para prédios escolares é proporcionar a seus usuários, estudantes, professores e funcionários, um ambiente visual que sirva de suporte para as atividades educacionais. Para atingir esse objetivo, ressalta que uma iluminação horizontal uniformemente distribuída pelo edifício escolar não assegura necessariamente um alto nível de desempenho visual por causa da grande quantidade de tarefas envolvidas no processo de aprendizagem, que variam em tamanho, distância, contraste e direção de visão.

Além disso, apesar de a atividade educacional básica se concentrar em ler e escrever, que requerem uma atenção próxima e concentrada, existe uma variação entre tarefas próximas e distantes, superfícies grandes e pequenas, brilhantes e opacas, horizontais e verticais, para as quais a visão do aluno tem que se adaptar continuamente. (IESNA, 2000, p.12-1). O manual enfatiza que a quantidade e a qualidade da iluminação são estreitamente interdependentes. Mesmo que um sistema de iluminação forneça níveis de iluminância apropriados, fatores como ofuscamento, contrastes, brilhos e luminância excessiva no campo visual podem ter efeito negativo. Conforme o manual, as principais recomendações para o controle destes fatores são: iluminância, refletância, luminância e ofuscamento. Além disso, será analisado o fator de luz do dia (FLD).

### **3.5.3 ILUMINÂNCIA**

Como os ambientes educacionais apresentam tarefas visuais variadas, deve-se

avaliar cada uma dessas tarefas em termos de variação de tamanho, contraste e tempo para determinar um nível de iluminância ótimo. Em seguida, deve-se eleger como nível de iluminância para o ambiente a tarefa que exige o maior nível de iluminância.

Tabela 3 - Nível de iluminância em escolas, segundo NBR 5413

- salas de aulas .....	200 - 300 - 500
- quadros negros .....	300 - 500 - 750
- salas de trabalhos manuais .....	200 - 300 - 500
- laboratórios	
. geral .....	150 - 200 - 300
. local .....	300 - 500 - 750
- anfiteatros e auditórios:	
. platéia .....	150 - 200 - 300
. tribuna .....	300 - 500 - 750

Fonte: NBR 5413 (1992)

Iluminância é a medida da quantidade de luz que incide sobre uma superfície por unidade de área e é definida pela seguinte expressão:

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (7)$$

Onde:

E = iluminância (lux)

$\phi$  = Fluxo luminoso (Lumens)

A = área (m<sup>2</sup>)

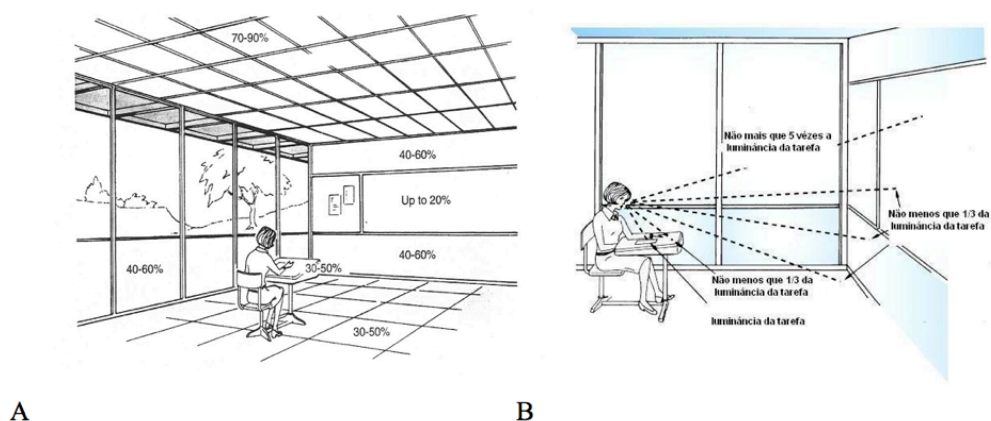


Acuidade visual é a capacidade de discernir detalhes em uma determinada tarefa visual. Para um ponto determinado, a acuidade visual aumenta com o aumento do nível de iluminância sobre o plano de trabalho (MOORE, 1985).

### 3.5.4 REFLETÂNCIA

Deve-se evitar grandes diferenças nos níveis de refletância da superfície da tarefa visual com os das superfícies mais significativas da sala de aula, como indicado na figura abaixo. As paredes, cortinas e venezianas devem ser de cores claras e mesma refletância. Paredes próximas às janelas devem possuir alto nível de refletância para evitar contraste demasiado com as janelas, o que pode causar ofuscamento. Tetos devem ter superfícies altamente refletivas, de preferência brancas, para refletir luz para as superfícies horizontais. O piso deve ser de material opaco, com refletância em torno de 30%.

Figura 6 - Refletâncias recomendadas para superfícies e mobiliário de salas de aula (A). Proporção entre a luminância da superfície da tarefa visual e a luminância das superfícies mais significativas de uma sala de aula (B).



Fonte: IESNA (2000)

### 3.5.5 OFUSCAMENTO

Segundo Robbins (1986) o conforto visual pode ser avaliado em linhas gerais com base no contraste e no ofuscamento. A Comissão Internationale d'Éclairage – CIE, define ofuscamento como sendo "... a condição de visão na qual existe desconforto ou redução na habilidade de ver detalhes ou objetos, causados por uma inadequada distribuição de

luminâncias ou por contrastes extremos”. “O olho humano pode se adaptar a uma grande variação de ambientes luminosos, desde a luz das estrelas ( $0,03 \text{ cd/m}^2$ ) até a de um dia de céu claro ( $10.000 \text{ cd/m}^2$ ), mas não pode funcionar muito bem quando uma variação tão extrema de níveis de brilho está presente no campo visual ao mesmo tempo” (ROBBINS, 1986, p.235).

Uma medida fundamental para evitar o ofuscamento em salas de aula é impedir a incidência direta de radiação solar sobre as superfícies das tarefas a serem desenvolvidas, através de brises, cortinas, venezianas e prateleiras de luz. As luminárias também devem ser dotadas de dispositivos que atenuem o ofuscamento. Deve-se utilizar, de preferência, materiais opacos para as superfícies, móveis e equipamentos da sala de aula. Altos contrastes de sombra devem ser evitados sobre a superfície da tarefa visual, com exceção em ambientes onde isto é importante para a definição de rostos e objetos, como em ginásios de esportes e salas de arte, onde a visibilidade de superfícies tridimensionais é fundamental (IESNA, 2000, p.12-3). No caso da sala de aula a relação admissível da luminância entre a superfície de tarefa e a superfície de trabalho deve ser de 3:1, a fim de se evitar o ofuscamento.

Tabela 4 - Taxas de proporção de luminâncias

<b>PROPORÇÃO</b>	<b>RELAÇÃO</b>
Entre a tarefa e o entorno imediato	3:1
Entre a tarefa e superfícies escuras mais afastadas	10:1
Entre a tarefa e superfícies claras mais afastadas	0,1:1
Entre a fonte de luz (natural ou artificial) e superfícies adjacentes	20:1
Máximo de Contraste em Qualquer Parte do campo de visão	40:1

Fonte: IESNA (2000)

## 4 MÉTODO

### 4.1 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Em vistas do presente trabalho de conclusão de curso, o método de Avaliação Pós-Ocupação (APO) foi resumido nas seguintes etapas:

- Levantamento de dados na área de APO;
- Levantamento de dados na área de APO em ambientes construídos destinados ao aprendizado;
- Determinação do foco em determinados requisitos de usuários;
- Levantamento de dados sobre os requisitos elegidos;
- Definição da amostra representativa, em termos de:
  - Usuários;
  - Ambientes a serem estudados.
- Levantamento documental do edifício em análise, sendo os pontos mais importantes:
  - Projetos executivos:
    - Plantas, cortes e detalhes;
    - Memoriais descritivos;
    - Especificações técnicas de materiais;
    - Memoriais de cálculo;
    - Relação de materiais;
    - Projeto dos sistemas hidráulicos;
    - Projetos dos sistemas elétricos;
    - Projeto dos sistemas de comunicação;
    - Projeto dos sistemas de ar condicionado e ventilação;

- Projeto arquitetônico;
  - Projeto estrutural;
  - Projetos de fabricantes de componentes de sistemas prediais (incluindo elevadores, ar condicionado, ventilação, quadros elétricos, bombas, etc.);
  - Projetos complementares (fundações, paisagismo, luminotécnica, decoração, *layout* e outros);
  - Projetos de sistemas de automação.
- Projetos legais:
- Projeto aprovado de prefeitura;
  - Projeto modificados de prefeitura;
  - Projeto de proteção e combate a incêndios (corpo de bombeiros);
  - Projeto tubulação telefônica (companhia telefônica);
  - Projeto de cabeação telefônica;
  - Projeto aprovado do sistema elétrico (cia. Energia elétrica);
  - Projeto de dimensionamento de água e esgoto;
  - Projeto de regularização junto a outros órgãos (controle ambiental, controle de uso, seguradores, controle sanitário, etc.).
- Projetos “As Built”:
- Projetos de reformas prediais;
  - Alterações de *layout*;
  - Alterações de componentes dos sistemas prediais.
- Documentos comprobatórios de gastos com insumos prediais:
- Contas de energia elétrica e telefonia;
  - Contas de água e esgoto;

- Impostos anuais do edifício;
- Despesas periódicas com manutenção e operação;
- Despesas ocasionais (emergências) com os sistemas prediais e sistemas de automação;
- Despesas com intervenções nesses sistemas;
- Multas de órgãos públicos, etc.
- Documentos relativos às expectativas iniciais do empreendimento:
  - Atas de reuniões preliminares elaboradas durante o processo de concepção e projeto do edifício;
  - Folhetos e memoriais de venda;
  - Contratos de condomínios, contratos de venda, etc.
- Levantamento cadastral, coleta de dados com a equipe técnica, sendo os pontos mais importantes:
  - Atividades:
    - Aplicação de questionários;
    - Mapas comportamentais;
    - Registros de comportamento através de fotos;
    - Vistoria do edifício;
    - Medições de temperatura e umidade do ar e iluminação.
  - Organização:
    - Pré-análise do material obtido na fase anterior;
    - Seleção da equipe de campo;
    - Análise e separação dos itens a serem cadastrados;
    - Preparo do material de campo (planilhas, equipamentos, plantas, fluxogramas dos sistemas);

- Organização das atividades de campo tais como:
    - Cadastramento da equipe junto à administração do edifício;
    - Acerto de horários de trabalho;
    - Liberação de acessos às áreas técnicas;
    - Identificação de funcionário responsável pelo acesso e acompanhamento da equipe durante o cadastramento;
    - Identificação da equipe de campo (crachás e outros).
  
- Levantamento das necessidades dos usuários:
  - Definição dos usuários;
  - Escolha dos usuários-chave (inclusive responsáveis pela operação e manutenção dos sistemas);
  - Levantamento das necessidades dos usuários;
  - Preparação do material de campo;
  - Organização das atividades de campo;
  - Aplicação de questionários e compilação de dados.
  
- Análise e diagnóstico.
  - Análise dos levantamentos (documental, cadastral, necessidades dos usuários e análise técnica);
  - Determinação das patologias e incompatibilidades;
  - Diagnóstico propriamente dito.
  
- Recomendações para os estudos de caso: em relação ao item 3 do método, a determinação do foco em determinados requisitos de usuários, tem-se que foram eleitos os seguintes grandes grupos de requisitos para o início do projeto
  - Conforto Térmico;

- Conforto Acústico;
- Conforto Luminoso;

Ademais, será realizada uma análise do ponto de vista psicológico dos usuários através da teoria da Psicologia Ambiental.

## 4.2 PSICOLOGIA AMBIENTAL

A abordagem metodológica da Psicologia Ambiental é direcionada por meio do problema, havendo uma série de métodos distintos (observacionais, experimentais, pesquisa-ação etc. (GÜNTHER e ROZESTRATEN, 2004). Segundo WIESENFELD (2005, p.55), os objetivos da Psicologia Ambiental incluem estudar a relação pessoa-ambiente no contexto natural, vista como totalidade (ontologia), abordar essa relação de forma holística (metodologia), incorporar diferentes perspectivas teóricas no estudo (epistemologia), enfatizar a dimensão da relação homem-ambiente e aumentar a qualidade de vida dos usuários dos ambientes (pertinência social).

PINHEIRO (2004, p.3) afirma que a maneira mais comum de lidar com as múltiplas abordagens, teorias e métodos numa área como a Psicologia Ambiental é fazer referência à necessidade de um tratamento inter, multi e/ou transdisciplinar dos temas por ela trabalhados.

Algumas das técnicas utilizadas em estudos de Psicologia Ambiental são o auto-relato, questionários e entrevistas, todas com limitações. A entrevista, por exemplo, salienta a relevância da dimensão físico-espacial do ambiente, integrante de experiências e ações humanas nos níveis intrapessoal e interpessoal, grupal e intergrupal, além de permitir que o pesquisador saiba sobre a percepção que o indivíduo tem do ambiente físico, sendo o tempo exigido, os custos e as habilidades sociais do entrevistador as limitações do método (GÜNTHER, 2008, p.64). O auto-relato, por sua vez, abre espaço para que as pessoas falem sobre seus desejos, influenciando a pesquisa (SANTOS, 2012).

O método mais utilizado na área como forma de investigação das relações entre os ambientes físicos e os comportamentos humanos é a observação, sendo aprovada por precursores da pesquisa de Psicologia Ambiental, como Roger Barker e Urie Bronfenbrenner (PINHEIRO et al., 2008). Há ainda a utilização de técnicas como vestígios ambientais da ação

humana (arqueologia do comportamento), que analisa os sinais e marcas de ocupações; e o mapeamento comportamental, que representa graficamente as localizações e comportamentos dos indivíduos no espaço, através de observações in loco.

Em um estudo realizado por GOMES et al. (2007) em Fortaleza, por exemplo, fotografias de 33 salas de espera de consultórios e clínicas odontológicas foram apresentadas a 152 pessoas de ambos os sexos, na faixa etária de 18 a 47 anos, com escolaridade média e superior, divididas em dois grupos experimentais: os que sabiam e os que não sabiam que se tratavam de salas de espera de dentista. Analisou-se a percepção das salas (espaço físico, tamanho, decoração, iluminação, ruído) e o tipo de interação que pode ocorrer e o tempo de espera (relacionados ao medo manifestado pelas pessoas em relação ao atendimento odontológico), além de uma pesquisa com diferencial semântico com quinze pares de adjetivos para caracterizar espaços (grau de ordem/desordem; segurança/ insegurança; etc.) e uma entrevista com todos os participantes.

Para o estudo de caso do prédio da Engenharia Civil, no que concerne à Psicologia Ambiental, o grupo pretende analisar parâmetros de maior grau de subjetividade, como conforto visual, conforto tátil, higiene e presença de áreas verdes, os quais, comumente, não são considerados em termos práticos em uma Avaliação Pós-Ocupação. Essa análise proposta deve ocorrer por meio de questionários (inclusão dos parâmetros de Psicologia Ambiental no questionário a ser elaborado na APO) e de auto-relatos.

Esta metodologia de estudo da Psicologia Ambiental na análise do prédio da Engenharia Civil pode ser resumida nas seguintes etapas, analogamente à metodologia adotada pela Avaliação Pós-Ocupação (APO):

- Levantamento bibliográfico da área de Psicologia Ambiental;
- Levantamento de dados na área de Psicologia Ambiental em ambientes construídos destinados ao aprendizado;
- Seleção dos requisitos subjetivos de usuários a serem analisados na pesquisa;
- Levantamento de dados sobre os requisitos elegidos;
- Levantamento bibliográfico de metodologias de estudo e aplicação da Psicologia Ambiental em ambientes escolares;
- Seleção da metodologia de estudo e aplicação (questionários e auto-relatos, a princípio);



- Definição da amostra representativa, em termos de:
  - Usuários;
  - Ambientes a serem estudados.
- Levantamento documental do edifício em análise;
- Levantamento cadastral, coleta de dados com a equipe técnica;
- Levantamento das necessidades dos usuários;
- Análise e diagnóstico;
- Recomendações para os estudos de caso.

O meio físico tem impacto direto e simbólico sobre seus ocupantes, facilitando e/ou inibindo comportamentos. Quando se pensa em uma sala de aula, por exemplo, é possível inferir que os móveis existentes e seu posicionamento informam as expectativas quanto à ocupação do local, percepção que pode ser corroborada levando em conta as experiências diárias, as normas institucionais e as relações entre alunos e professores. Carteiras enfileiradas voltadas para o professor pressupõem a ocorrência de uma aula expositiva, enquanto que cadeiras dispostas em círculo sugerem que haverá uma discussão na qual é esperada a participação de todos; mesas próximas entre si formando blocos maiores indicam a realização de trabalhos em grupos, por exemplo (ELALI, 2002).

Para mensurar a influência de condições ambientais e da configuração física das salas de aula sobre o comportamento dos alunos, há uma série de métodos adotados no campo da Psicologia Ambiental, como:

- *Behavior settings*: conceito desenvolvido pelo psiquiatra Roger Barker, que explica a integração entre padrões estáveis de comportamento grupal e individual, e o ambiente físico onde esse comportamento ocorre (BARRETO, 2009);
- *Observação comportamental*: análise de traços e vestígios de comportamento e mapeamento comportamental centrado no lugar (SOMMER & SOMMER, 1997, citado em ELALI, 2002);
- *Abordagem direta aos usuários*: por meio de entrevista com pessoas-chave, aplicação de questionários aos usuários adultos e conversas informais.

Para a análise comportamental dos alunos nas salas, optou-se neste estudo pela adoção de multi-métodos. Concomitante às medições das condições ambientes (temperatura,

umidade, velocidade do vento, níveis de CO<sub>2</sub>, níveis de ruído e luminosidade na lousa, na tela de projeção e no plano de trabalho), foram distribuídos aos alunos questionários durante as aulas, por meio dos quais eles avaliaram as condições ambientais do meio e como estas interferem no aprendizado e no acompanhamento da aula, e apontaram suas sensações físicas e emocionais.

Utilizou-se também o método de observação comportamental durante as medições. Esta técnica é baseada na observação naturalista do ambiente, gerando uma representação gráfica da ocupação humana na área, relacionando espaço físico e comportamento dos usuários (ELALI, 2002). Enquanto eram realizadas as medições das condições ambientais, um dos integrantes do grupo observava o comportamento dos alunos ao longo da aula, apontando, em um mapa das carteiras, quantas vezes cada um dos alunos utilizava o celular e o computador, quantas vezes mantinha conversas paralelas, e quantas vezes adormecia. Esta técnica de observação comportamental foi realizada em cada uma das metades da aula, separadamente, para verificar se a duração da aula (uma das principais queixas apontadas pelos alunos nos questionários) influencia no grau de distração dos estudantes.

Adotou-se também a análise por meio de entrevistas e auto relatos na metodologia da Psicologia Ambiental. O primeiro método consistiu na aplicação de entrevistas com professores selecionados pelo grupo, por meio de critérios pré-definidos, como o grande envolvimento do professor com as demandas dos estudantes, o recebimento de queixas dos estudantes, a longevidade como professor da instituição e a familiaridade com o tema da pesquisa. O segundo método, por sua vez, consistiu na confecção de um relato por um dos membros do grupo durante o 2º período de medições (de outubro a novembro), com o objetivo de descrever sensações e impressões trazidas por aquela aulas e ambientes (com relação às condições ambientais, configurações físicas e comportamentos de alunos e professor).

## 4.3 CONFORTO TÉRMICO

### 4.3.1 MEDIÇÃO DA TEMPERATURA DO AR

A temperatura é usualmente determinada por meio de sensores, realizando medições

de variáveis em função de volumes de líquidos, resistências elétricas, força eletromotriz, etc. Qualquer que seja a variável com a qual está sendo relacionada à temperatura, a leitura do sensor corresponde somente à temperatura onde ele se encontra, a qual pode diferir da temperatura do fluido geral a ser medido. Dentre os tipos de sensores de temperatura, temos:

- Termômetros de expansão: Termômetros de expansão de líquidos (mercúrio, etc.), termômetros de expansão de sólidos.
- Termômetros elétricos: Termômetros de resistência variada (resistor de platina, termistor), termômetros baseados em geração de força eletromotriz (termopares).
- Termomanômetros: variação da pressão de um líquido em função da temperatura.

#### **4.3.2 MEDIÇÃO DA TEMPERATURA RADIANTE MÉDIA**

A radiação a que está sujeita uma pessoa no interior de um ambiente pode ser determinada através das dimensões do ambiente, suas características térmicas e a localização da pessoa no ambiente. Este método pode, porém, ser complexo e bastante trabalhoso, uma vez que podem haver várias fontes emissoras de radiação e de variados tipos.

Medição da temperatura radiante média, utilizando-se o termômetro de globo:

- Descrição do termômetro de globo negro: Consiste de um globo negro, em cujo centro é colocado um sensor de temperatura do tipo bulbo de mercúrio, termopar ou resistor. O globo pode, teoricamente, ter qualquer diâmetro, mas como a fórmula utilizada para o cálculo da temperatura radiante média depende do diâmetro do globo, um globo de 15 cm é recomendado. Quanto menor for o diâmetro do globo, maior seria o efeito da temperatura e velocidade do ar, o que leva a imprecisões nos resultados.
  - Como a superfície externa do globo deve absorver a radiação proveniente das paredes do ambiente, sua superfície deve ser negra ou por cobertura eletroquímica, ou mais comumente por pintura com tinta negra.
- a) Princípios de medição: O globo situado em um ambiente tende a um balanço térmico sob os efeitos das trocas térmicas devido à radiação, provindas de

diferentes fontes do ambiente e devido aos efeitos da convecção. A temperatura do globo em situação de balanço térmico, permite que  $T_r$ , seja determinada.

#### **4.3.3 MEDIÇÃO DA UMIDADE ABSOLUTA E RELATIVA DO AR**

A umidade absoluta do ar é sempre considerada para o entendimento da troca de calor por evaporação por uma pessoa. Uma alta umidade do ar reduz a evaporação do suor e conduz ao estresse térmico. Os dois tipos de instrumentos que aqui serão tratados e descritos seus princípios e cuidados na utilização são: Psicômetro e Higrômetro de lítio clorídrico.

#### **4.3.4 MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO AR**

A velocidade do ar é um parâmetro que deve ser levado em consideração quando se analisam as trocas de calor por convecção e evaporação na posição da pessoa. É um parâmetro que apresenta dificuldades na medição e determinação devido às constantes flutuações em intensidade e direção no tempo e no espaço.

Em vários campos de aplicação, um ou mais componentes da velocidade do ar instantâneos são necessários, enquanto nas equações de transferência de calor entre o homem e o ambiente, somente se consideram os valores médios da velocidade do ar, isto é, intensidades médias, quaisquer que sejam as direções. Deve-se notar, contudo, que em estudos de conforto térmico, as flutuações da velocidade do ar têm um efeito na sensação subjetiva da corrente de ar. Quanto às características de medição, é necessário atentar-se à sensibilidade do sensor com relação à direção do fluxo e a sensibilidade do sensor com relação às flutuações na intensidade, bem como à possibilidade de se obter um valor médio da velocidade, durante certo período de integração.

Os seguintes fatores devem ser levados em consideração para medições de velocidade acuradas:

- A calibração do instrumento;
- O tempo de resposta de sensor;
- O período de medição.

Medições acuradas de velocidades médias dependem da calibração do instrumento. A acurácia das medições de desvios padrões, ou seja, da intensidade da turbulência, dependem do tempo de resposta do sensor. Fluxos de ar com alta turbulência e baixa frequência das flutuações das velocidades requerem períodos de medição maiores que os fluxos com baixa intensidade de turbulência e alta frequência das flutuações das velocidades.

De maneira geral, a velocidade do ar pode ser determinada:

- pela utilização de um instrumento omnidirecional sensível à magnitude da velocidade, independente de sua direção (esfera aquecida); ou
- com o uso de três sensores direcionais, os quais permitem a medição dos componentes da velocidade do ar em três eixos perpendiculares.

#### **4.3.5 METODOLOGIA**

##### **4.3.5.1 ENQUADRAMENTO**

O plano de monitoramento, para o caso de estudo deste trabalho, pode se enquadrar no objetivo analisar a situação geral do prédio, e também de comparação de dados esperados pelos questionários aplicados com os previstos na medição.

Porém, os dados obtidos durante um caso de estudo, para serem considerados coerentes e fidedignos, devem ser obtidos a partir de um conjunto de regras e decisões bem ponderadas, que serão sempre determinantes para o propósito final.

##### **4.3.5.2 EQUIPAMENTOS**

Para a segunda etapa do trabalho, foram efetuadas as medições propriamente ditas. Para as medições nas salas de aula, utilizou-se o equipamento Testo 435-1, Instrumento de medição multi-funções, que possui um software instalado no computador para compartilhamento de dados.

Com o Testo, usou-se a sonda QAI para medir o teor de CO<sub>2</sub>, a umidade do ar e a temperatura, ou seja, a qualidade do ar ambiente em interiores. A sonda térmica integra a medição da temperatura e da umidade.

Adicionalmente utilizou-se do globo para realizar a temperatura de globo e verificar sua proximidade para os cálculos em Fanger e o termômetro para realizar a medição da velocidade do ar em conjunto com a temperatura e a umidade relativa do ar.

Portanto, as variáveis monitoradas foram:

- Temperatura do ar;
- Umidade relativa do ar;
- Velocidade do ar;
- Concentração de CO<sub>2</sub>.

Para a medição de temperatura em cada ponto, foi utilizado cada sonda durante 3 a 5 minutos, com medições programadas de 10 em 10 segundos. Desta forma, obteve-se uma gama de dados bastante relevante, na qual pode-se realizar um tratamento consistente com base na variância da amostra.

Para o deslocamento dos aparelhos e anotação das informações, de forma que houvesse o mínimo de interferência humana, por proximidade do calor humano ou geração de correntes de ar por movimentação, os equipamentos foram presos a um tripé.

#### 4.3.5.3 SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE

Os sensores são dispositivos usados para medir e registrar as características do ambiente físico, e ainda permitem avaliar o conforto ambiente e a capacidade do sistema de aquecimento implementado. Será utilizado um sensor de temperatura e umidade para medição de temperatura interior e umidade relativa interior e, para a medição de temperatura exterior e umidade relativa exterior.

Por isso é importante analisar os dados obtidos de forma a existir sempre a possibilidade de mudança do sensor de local e consequentemente, determinar uma nova ação e forma de obtenção.

Há passos fundamentais a seguir quando se pretende efetuar uma aquisição de dados, num determinado local. Os principais, estão apresentados seguidamente:

- Planejamento;
- Configuração;
- Colocação;
- Obtenção de dados;
- Tratamentos de dados.

#### 4.3.5.4 PLANEJAMENTO

Em qualquer caso de estudo, o planejamento cuidadoso fará a diferença entre um projeto bem-sucedido de outro que implique grande manipulação de dados, resultados inconclusivos, e por vezes necessidade de repetição do recolhimento de dados.

Por isso, é necessário inicialmente efetuar um Plano de Registo de Dados (PRD), e salientar os objetivos a atingir, definindo assim as circunstâncias que são consideradas importantes: período de aquisição, registo de dados, e por fim a execução de um relatório. O PRD deve focar e examinar as seguintes fases:

- Objetivo do plano, incluindo o propósito do relatório;
- Lista dos parâmetros ambientais que devem ser registados, e qual o tipo de sensor a ser usado;
- Precisão e calibração requerida para todos os dados a registar;
- O intervalo de amostragem;
- O período de registo (start/stop, data/hora);

A metodologia utilizada para alcançar o objetivo específico de analisar as diferenças individuais com relação ao desconforto térmico verificado em estudantes submetidos às mesmas condições térmicas será baseado no seguinte plano:

1. Registro das variáveis referentes às condições termo climáticas do ambiente de estudo;
2. Utilização do gráfico de FANGER (1967);
3. Voto médio estimado combinando atividade, tipo de vestimenta, velocidades relativas do ar e temperaturas do ambiente através da tabela criada por Fanger;
4. Porcentagem estimada de insatisfeitos através do gráfico de Fanger, relacionando com o voto médio estimado;
5. Aplicação de Questionários utilizando a escala adotada por Fanger.

#### **4.3.6 CRITÉRIOS PARA A LOCALIZAÇÃO DOS SENSORES**

Os critérios mais importantes para a localização de sensores, prendem-se com a variação da temperatura e umidade com a altura em relação ao pavimento, os ganhos solares pelas partes envidraçadas e as perdas de calor através dos mesmos.

Será necessária a determinação de pontos à meia altura do pé-direito distribuídas pela sala que identifiquem as seguintes condições:

- Influência da radiação solar direta através das partes envidraçadas;
- Infiltrações de ar, devido a portas predominantemente abertas;
- Processos convectivos no interior da edificação.

Desta forma, é necessário escolher criteriosamente os locais de colocação dos dispositivos de registro de dados de forma a ter em consideração, todos os fatores internos à edificação e externos a esta.

### **4.4 CONFORTO ACÚSTICO**

#### **4.4.1 PROCEDIMENTOS**

Os procedimentos para a medição do conforto acústico são:

1. Definição do equipamento (decibelímetro);
2. Definição do local;
3. Identificação dos pontos mais representativos da sala (procurar extremos de intensidade sonora);
4. Realizar as medições a um metro do solo e pontos simétricos e que envolvam todo o espaço.



#### **4.4.2 DEFINIÇÃO DO DECIBELÍMETRO**

Utiliza-se o instrumento da marca Instrutherm®, modelo Sound Level Meter (SL – 4011) ou semelhante, devidamente calibrado. Utiliza-se: circuito de ponderação – “A”, circuito de resposta – “lenta – SLOW”, e faixa de medição entre 30 a 130 dB(A). A média do nível de pressão sonora (NPS) de ruído deverá ser realizada a partir de duas avaliações em cada um de três pontos específicos selecionados na sala de aula, onde se encontrarão a quantidade de alunos selecionadas para responder o questionário, totalizando no mínimo seis medições em cada sala.

#### **4.4.3 DEFINIÇÃO DO LOCAL E DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO**

O medidor do nível de pressão sonora deve se posicionar sempre voltado para o centro da sala a um metro do chão e a um metro das paredes, com objetivo de evitar as ondas estacionárias. Considera-se no mínimo um ponto próximo à lousa, outro próximo às janelas e o último próximo à porta da sala. Para cada ponto, registram-se as intensidades mínimas, máximas e aquelas com variação maior ou igual a 5 dB(A), durante um período de cinco minutos.

As medições devem ocorrer em duas situações: com as salas sem alunos antes do início da aula, e no momento da aula com os alunos, concomitante com a resposta dos alunos ao questionário, na presença do professor em atividade expositiva. Ressalta-se que o tempo de permanência dos pesquisadores em sala de aula será maior que o da coleta permitindo que alunos e professor se acostumem com essa variável, com objetivo de atenuar esse interferente na rotina de cada uma das salas.

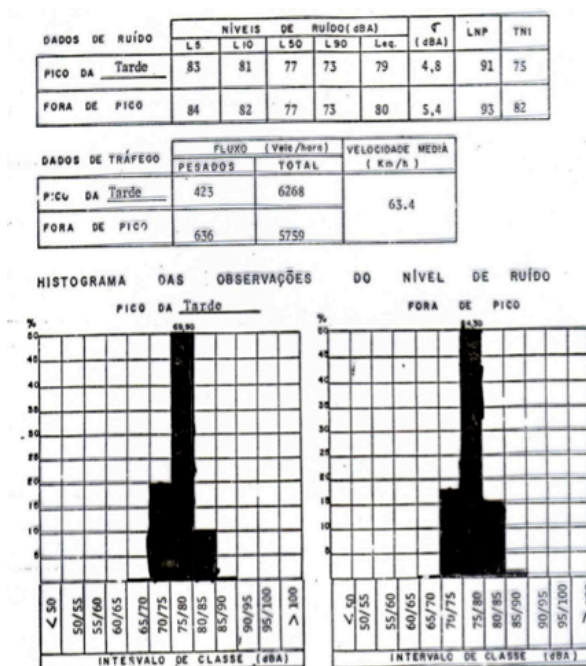
Ao considerar o nível normal de fala em 65 dB(A) para sala de aula, o ideal na relação sinal de fala/ruído (S/R) seria uma sala silenciosa (40 dB(A)) para manter uma diferença maior que 10 dB em indivíduos com audição normal e, no mínimo, 15 a 25 dB para portadores de deficiência auditiva. Quando o ruído aumenta, esta diferença diminui e a inteligibilidade das palavras fica prejudicada, fazendo com que seja necessário que o professor aumente a intensidade da voz para compensar essa desvantagem, o que nem sempre ocorre. Níveis de pressão sonora elevados podem surgir de fontes externas, gerados por

tráfego de veículos, estabelecimentos próximos a escola, locais adjacentes à sala de aula, e por fim, de fontes internas, que correspondem a ruídos gerados dentro da sala como a conversa dos alunos, ruídos de mobiliário ou equipamentos elétricos e de manutenção. Desta forma, quanto a escolha de salas e locais de medição, deve-se escolher um grupo de salas representativo, bem como locais de medição no hall, nos jardins e em pontos do exterior do prédio.

#### 4.4.4 COMPILAÇÃO DE DADOS

Após obtenção das respostas dos questionários e reunião de dados de intensidade sonora, pode-se estabelecer um histograma com níveis de ruído em intervalos de classe, como explicitado abaixo:

Figura 7 - Compilação de dados



Fonte – Adaptado de Cremonesi (2013)

Em seguida, buscar-se-á entender se as reclamações ou opiniões dos alunos respondentes se correlacionam com as medições realizadas e valores encontrados.

Desta forma, é possível traçar também uma relação com a disposição da sala, materiais de isolamento das paredes, piso e forro, existência e tipos de janelas, bem como permanência ou não de ar condicionado ligado.

## 4.5 CONFORTO LUMINOSO

O equipamento utilizado, para a verificação e recolha de dados, a intervalos pré-determinados, será o luxímetro. Quanto aos procedimentos, será utilizado as recomendações da NB15215-4 que abrange o método de medição para iluminação interna de edificações.

### 4.5.1 EQUIPAMENTOS

Através do luxímetro será possível obter os dados necessários para o cálculo da iluminância e refletância, como também da luminância, do ofuscamento.

### 4.5.2 PROCEDIMENTOS

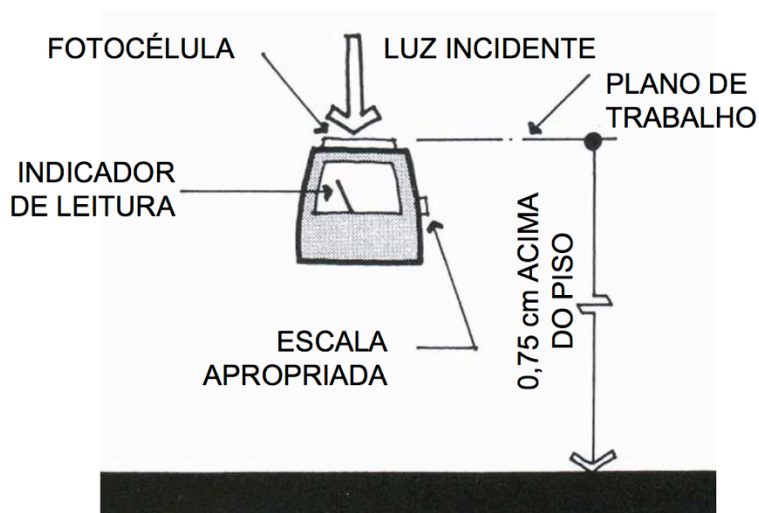
Segundo da NBR 15215-4 para a medição da iluminância é importante atenta-se as condições de céu no momento do estudo.

Já para as medições de fato em ambientes reais, é importante considerar:

- Levar em consideração a luz no ponto onde as tarefas são executadas, seja na horizontal, vertical ou qualquer ângulo
- Manter o sensor paralelo à superfície a ser medida;
- Ter atenção ao nivelamento da fotocélula quando estiver na mão do usuário, pois pequenas alterações podem dar resultados com grandes diferenças.
- Evitar que qualquer sombra seja projetada na fotocélula, a não ser que isso caracterize as condições do posto de trabalho;
- Sempre que possível medir o ambiente sem as pessoas e também com elas, nas respectivas posições de trabalho. Assim observa-se a diferença dos resultados e verifica-se eventuais falhas de leitura.
- Deixar o aparelho exposto à luz do ambiente por cerca de cinco minutos antes da primeira leitura, e evitar expô-lo a fontes intensas de luz, como raios solares.
- Se a altura da superfície de trabalho não for conhecida, fazer a medição a 75cm do piso.

Para a medição da iluminância, leva-se em consideração o esquema a seguir. No caso, o luxímetro será disposto a uma altura dos olhos da pessoa sentada, cerca de 75 cm, segundo a Norma NB-57 (1991). Além disso, conforme exposto anteriormente, deve-se evitar sombras sobre a fotocélula.

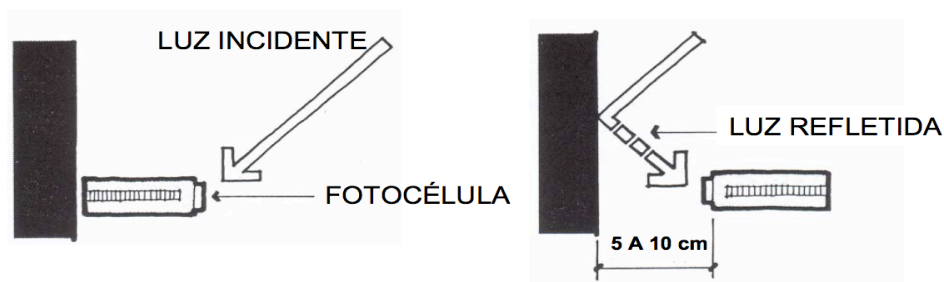
Figura 8 - Medindo a iluminância



Fonte: CECACE (2006)

Para a refletância, é preciso medir tanto a luz incidente quanto a refletida e desse modo calculá-la, como apresentado na figura a seguir.

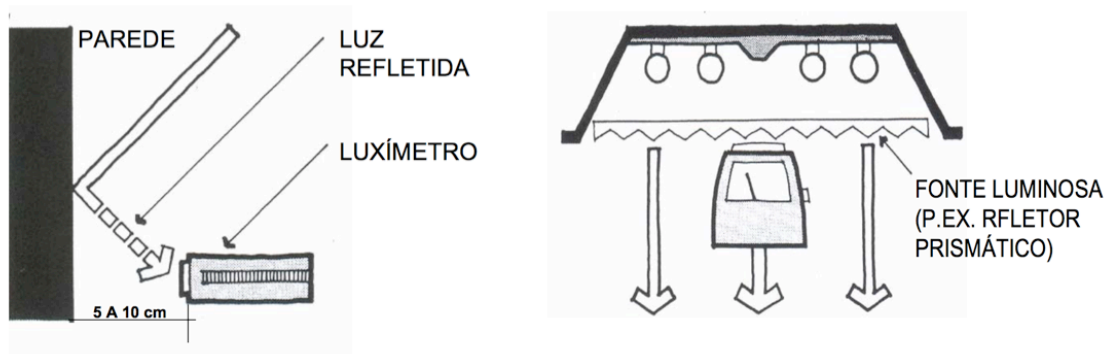
Figura 9 - Medindo a refletância



Fonte: CECACE (2006)

No caso da luz refletida, as figuras abaixo explicitam como utilizar o luxímetro para a obtenção dos dados. No caso, é importante medir além da lousa, as carteiras e projetor da sala. É importante salientar que a fotocélula precisa estar voltada para a superfície a ser medida.

Figura 10 - Medindo a luz refletida



Fonte: CECACE (2006)

Já para o ofuscamento, pode-se comparar o valor das iluminâncias e conferir se há de fato a proporção de 3:1 entre a superfície de tarefa visual e a superfície de trabalho, segundo IESNA (2000).

#### 4.5.3 CRITÉRIOS PARA AS MEDIÇÕES

Para a avaliação da iluminância é necessário realizar medições em uma quantidade de pontos suficiente para caracterizar adequadamente tal plano. Seguindo as recomendações da NBR 15215-4, a quantidade mínima de pontos para verificação do nível de iluminação natural com erro inferior a 10%, deve-se determinar o índice do local (K), conforme ilustrado a seguir.

$$K = \frac{C \times L}{H_m \times (C + L)} \quad (10)$$

Onde:

L = largura do ambiente, em metros;

$C$  = comprimento do ambiente em metros;

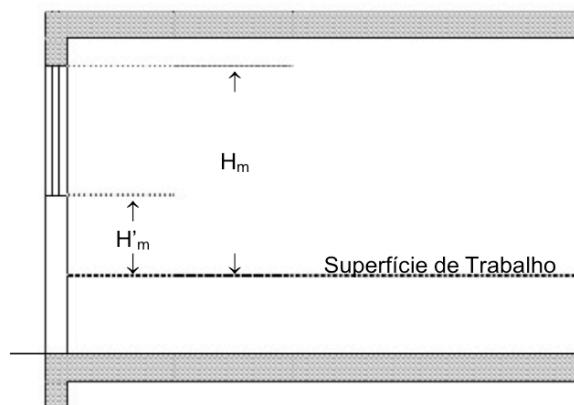
$H_m$  = distancia vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros – conforme a figura abaixo.

Tabela 5 - Quantidade mínima de pontos a serem medidos

K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR 15215 (2004)

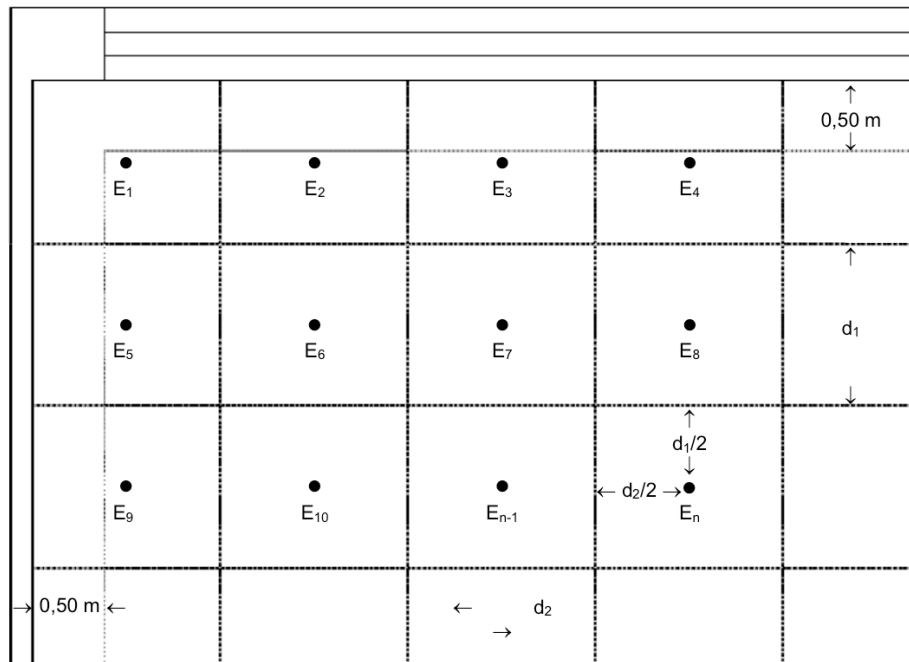
Figura 11 - Determinação de  $H_m$



Fonte: NBR 15215 (2004)

No caso da distribuição da malha de pontos de medição, segundo a NBR 15215-2014, o ambiente interno deve ser dividido em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado. A iluminância  $E$  é medida no centro de cada área, conforme ilustrado a seguir.

Figura 12 - Malha de pontos para medições



Fonte: NBR 15215 (2004)

Apesar da metodologia apresentada na NBR, a medição em tantos pontos da sala simultaneamente à aula e à medição dos outros confortos mostrou-se impossível, o que levou a uma abordagem diferente orientada pela professora orientadora deste trabalho. Levantou-se o valor de iluminância em linhas perpendiculares às paredes de janelas com origem em seu centro, obtendo-se, assim, o maior valor por área. Após isso, foram realizadas medições nos cantos e nas lousas quando possíveis e, quando permitido, repetiram-se as medições para situações de apenas luz natural.

## **5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

### **5.1 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA E CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO**

Este item refere-se ao desenvolvimento de atividades e à caracterização dos objetos de estudo, de acordo com os procedimentos metodológicos adotados e descritos nos itens anteriores.

#### **5.1.1 CRITÉRIOS DE DEFINIÇÃO DE SALAS**

Inicialmente, estabeleceram-se critérios de seleção das salas nas quais serão realizadas as medições e as entrevistas. Devem ser analisadas as amostras das salas, mediante:

- A quantidade de janelas e posição no prédio;
- A sua orientação no edifício - dependendo da face, norte, sul, leste e oeste em que ela se encontra, a incidência de raios luminosos e consequentemente a temperatura ali medida podem variar;
- A utilização das salas. No caso, serão estudadas as salas majoritariamente utilizadas pela graduação (salas do pavimento superior). Seriam analisados também o exterior do prédio, banheiros, corredores e mesas de estudos, no caso da região das rampas. As salas do pavimento térreo utilizadas para aulas de pós-graduação serão desconsideradas;
- As condições ambientais diversas:
  - Ambiente nas condições normais de uso: ar-condicionado ligado, presença dos usuários, todas as lâmpadas acesas; isto significa atuação simultânea dos agentes e eliminadores de calor;
  - Ambiente nas condições naturais: ausência de pessoas, ar-condicionado desligado, lâmpadas apagadas, máquinas e equipamentos de escritório fora de operação.



### 5.1.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DE USUÁRIOS

Assume-se que a vivência para com o edifício altera as percepções que as pessoas têm dele. Deve-se, desta forma, tentar ao máximo obter uma porcentagem amostral (a princípio um mínimo de 10 %) de cada um dos cinco anos de graduação de Engenharia Civil, distribuídos entre alunos e alunas, além de professores e funcionários (considerando 200 alunos por ano, a amostra seria de 20 alunos por cada; Foram respondidos ao todo cerca de 600 questionários ao longo do semestre). Este item é de suma importância para a boa representatividade da amostra, dado que alunos de cada período passam por situações diferentes e uns têm mais experiência e anos de estudo no edifício que outros, o que deve ser considerado.

## 5.2 PRÉ-SELEÇÃO DOS ESPAÇOS

A escolha prévia das salas a serem estudadas será feita através de uma listagem dos ambientes disponíveis e uma seleção das regiões quanto à tipologia e uma série de outros critérios elencados a seguir.

- Espaços utilizados pelos alunos em graduação;
- Amostras das fachadas opostas (Noroeste e Sudeste);
- Escolha de sala representativa com maior número de problemas aparentes;
- Escolha de sala secundária com configuração diferente das demais de seu grupo;
- Escolha de sala de estudo;

Dos espaços disponíveis, escolheram-se os seguintes para serem analisados:

1. Sala S01: extremidade Sul do lado Noroeste, duas paredes com janelas;
2. Sala S03: extremidade Sul do lado Noroeste, uma parede com janelas;
3. Sala S04: extremidade Sul do lado Sudeste, sem visibilidade de ambiente externo;
4. Sala S14: Centro do lado Sudeste, uma parede com janelas;

5. Sala S17: centro do prédio, sistema avançado de ar condicionado, sala a ser usada como referência (Não foi possível medir na sala S17 por motivos meteorológicos e de agendas dos Professores envolvidos);
6. Sala S19: extremidade Norte do lado Noroeste, configuração de mesas (em grupo) diferente das demais salas;
7. Sala S24: extremidade Norte do lado Sudeste, duas paredes com janelas;
8. Sala S26: extremidade Norte do lado Sudeste, uma parede com janelas;
9. Sala de estudos no piso superior próxima a rampa vermelha: barulho intermitente, passagem.

Tais espaços serão reanalisados devido à importância conforme o andamento do projeto, com as etapas de vistoria, as entrevistas a profissionais especializados e os questionários dos usuários.

### 5.3 REALIZAÇÃO DE REGISTRO FOTOGRÁFICO DA AMOSTRA PRÉ-SELECIONADA

Esta etapa será realizada em conjunto com a etapa de vistoria. Vale a ressalva de que devem ser feitas fotografias com alto grau de tecnicidade, a demonstrar clareza do objeto em análise, bem como uma estética convidativa. Os objetos sujeitos ao registro serão determinados nas vistorias e devem ser bons exemplos dos problemas e unicidades dos espaços em questão.

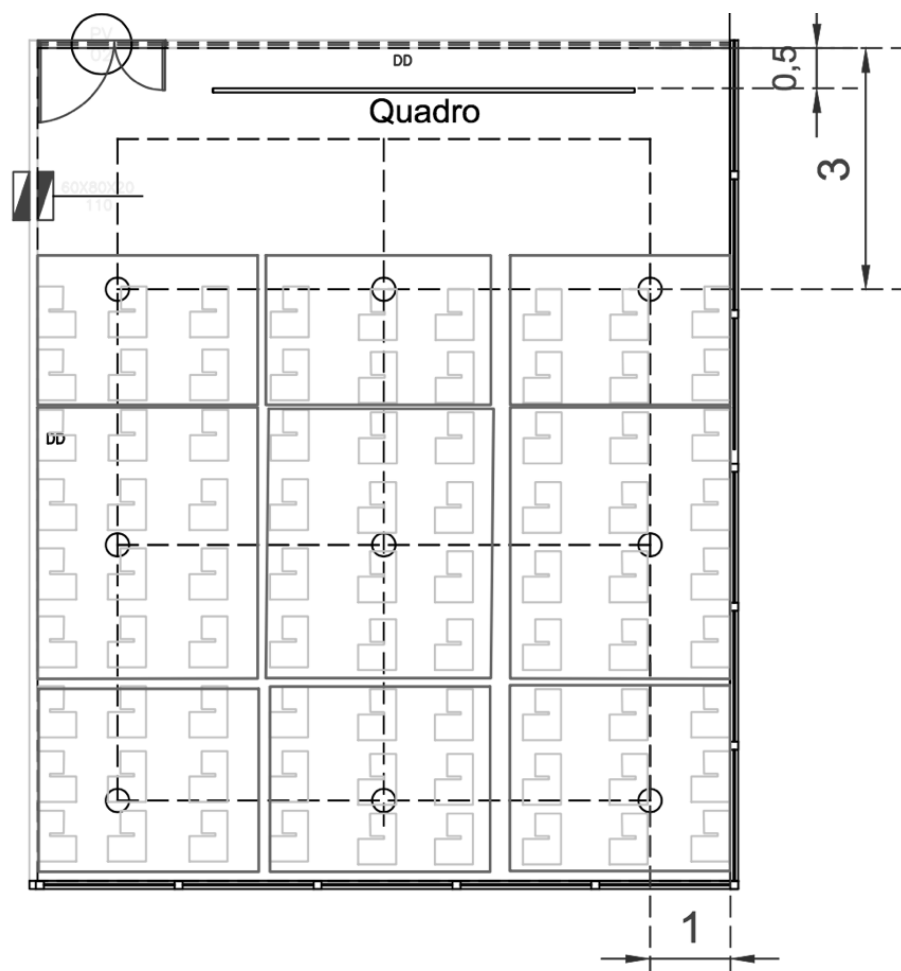
### 5.4 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS E TÉCNICAS DA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Será realizada a aferição do nível de satisfação dos usuários de acordo com o método detalhado acima neste plano de pesquisa.

Abaixo está ilustrada a sala S01 como um exemplo dos pontos gerais a serem medidos durante a aula, para a análise dos confortos térmico e acústico. Planeja-se que as medições de

iluminação, por requererem um número maior de pontos, sejam feitas logo antes ou após o horário da aula, de modo a não atrapalhar o andamento do curso.

Figura 13 - Ilustração da sala S01 do prédio das Engenharia Civil e Ambiental com os pontos ideais de coleta dos dados para o projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Como pode ser visto no esquema, cada ponto determina também uma área de influência, a qual será usada para analisar diretamente as respostas dos alunos dentro da área e do ponto que a compõe. Detalha-se também que o posicionamento das carteiras será descrito como em um jogo de batalha naval, com quadrantes nomeados por uma letra (colunas) e um número (linha).

## 5.5 LEVANTAMENTO DE DADOS, APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS E ENTREVISTAS

Serão realizadas visitas exploratórias aos edifícios, com o prédio sendo analisado em toda a sua extensão e comparado com o projeto inicial previsto para o edifício, com o acesso às plantas baixas dos pavimentos.

Os questionários foram organizados em questões abertas, semi-abertas e fechadas, com análises desta forma qualitativas e quantitativas, que serão posteriormente analisadas em gráficos de setores e outras formas de representação.

### 5.5.1 CONFECCÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Durante as medições é necessária a realização de um questionário por parte de uma amostra dos usuários para então relacionar as sensações aos dados mensurados. Para o entendimento das sensações individuais dos usuários em relação a aspectos subjetivos ao prédio, de forma a visualizar a experiência de suas vivências por ponto de vista da Psicologia ambiental, também será confeccionado um questionário.

Assim, serão dois os questionários a serem aplicados:

- Percepção sobre as Medições;
- Aspectos Físicos e Subjetivos;

Entende-se que o primeiro questionário, Percepção sobre as Medições, deve ser curto e objetivo para não perturbar as aulas que estiverem a acontecer no momento das medições. Portanto, resolveu-se que os demais aspectos referentes às percepções dos usuários que não são relacionadas ao momento específico da aferição seriam verificados em um outro questionário.

Este segundo questionário foi então dividido em aspectos físicos e subjetivos. Os aspectos físicos se referem ao espaço em estudo e verificam problemas e percepções recorrentes diretamente relacionados ao prédio. Já os aspectos subjetivos estão relacionados com a vida do usuário, suas emoções e sentimentos em relação à instituição Escola Politécnica. Ele foi distribuído fora do horário de aula em formulários online compartilhados nos grupos da Engenharia Civil da Escola Politécnica em redes sociais.

Além desses, foi analisada a necessidade de realização de um terceiro questionário referente apenas aos usuários, com a finalidade de compreender melhor quem são os futuros e atuais politécnicos que convivem no edifício da Engenharia Civil, porém não houve tempo hábil para a sua realização.

Procurou-se fazer questionários simples, que não trouxesse dúvidas na hora de respondê-los e com uma linguagem adaptada para o público alvo, os alunos e alunas de engenharia civil, com seus 18 a 25 anos no geral, mas de forma neutra a não afetar os resultados da pesquisa.

## 5.5.2 QUESTIONÁRIO 1 – PERCEPÇÃO SOBRE AS MEDIÇÕES

Figura 14 - Modelo do Questionário Aplicado - Percepção sobre as Medições

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**QUESTIONÁRIO PARA USUÁRIOS**

Olá! Somos alunos da Poli-USP e, como nosso Trabalho de Conclusão de Curso, estamos estudando o Prédio da Engenharia Civil para verificar o nível de satisfação de seus usuários (vocês! :)).

**A sua identificação é completamente opcional e agradecemos desde já pela colaboração!**

Ficha N°	Sala	Data
Hora:	Início	Término
Céu:	<input type="radio"/> Claro	<input type="radio"/> Nublado
Entrevistador:		
Posição:		

---

**1. CARACTERÍSTICAS DO ENTREVISTADO**

1.1. Sexo: ☐ Feminino ☐ Masculino

1.2. Tipo de Vestimenta: ☐ Inverno ☐ Meia Estação ☐ Verão

1.3. Idade: \_\_\_\_\_ anos

1.4. Altura: \_\_\_\_\_ m

1.5. Peso: \_\_\_\_\_ kg

1.6. Tempo de Poli: ☐ < 1 ano ☐ 1 - 2 anos ☐ 2 - 3 anos ☐ 3 - 4 anos ☐ 4 - 5 anos ☐ > 5 anos

---

**2. PERCEPÇÕES**

2.1. Como você está se sentindo no momento?

a. Fisicamente: ☐ Ótim@ ☐ Bem ☐ Médio ☐ Mal ☐ Péssim@

b. Emocionalmente: ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2.2. Você costuma distrair sua atenção durante a aula? ☐ Sim ☐ Não

Se "Sim", por quê? \_\_\_\_\_

---

2.3. Como você considera o **conforto térmico** da sala?

a. Temperatura do ar: ☐ Muito Frio ☐ Frio ☐ Levemente Frio ☐ Neutro ☐ Levemente Quente ☐ Quente ☐ Muito Quente

b. Umidade da sala neste momento: ☐ Muito Seco ☐ Seco ☐ Neutro ☐ Úmido ☐ Muito Úmido

c. Velocidade do vento na sala neste momento: ☐ Sem vento ☐ Fraca ☐ Média ☐ Forte

d. Há diferença de temperatura ao circular por diferentes áreas do pavimento? ☐ Não sei ☐ Não ☐ Pouca ☐ Muita

e. Você sente frio em alguma parte isolada do corpo? ☐ Não sei ☐ Não ☐ Parte Superior ☐ Parte Inferior

---

2.4. Como você considera o **conforto acústico** da sala?

a. Algum ruído na sala lhe incomoda durante a aula? ☐ Sim ☐ Não

Se "Sim", qual? (Ou quais?) \_\_\_\_\_

E, com qual frequência? ☐ Sempre ☐ De vez em quando

---

2.5. Como você considera o **conforto luminoso** da sala?

Ótimo ☐ Bom ☐ Médio ☐ Ruim ☐ Péssimo

Plano de trabalho (mesa): ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Se precário ou péssimo, por quê? \_\_\_\_\_

Na tela do computador (mesa): ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Se precário ou péssimo, por quê? \_\_\_\_\_

Na lousa: ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Se precário ou péssimo, por quê? \_\_\_\_\_

Na tela de projeção: ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Se precário ou péssimo, por quê? \_\_\_\_\_

---

E, se você gostaria de se envolver com esse trabalho de alguma forma ou só de bater um papo com a gente, deixa um contato seu aqui (pode ser nome, Facebook, whatsapp, etc... só deixar indicado o que é!).

---

Caso prefira entrar em contato, procure a gente no Facebook:

Dennis Marques, Felipe Marino Kühl, Monise Bettin, Tainah Lima e Thiago Araujo Vannuzini

**E, muito obrigado!**

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

### 5.5.3 QUESTIONÁRIO 2 - ASPECTOS FÍSICOS E SUBJETIVOS

O segundo questionário foi aplicado em uma etapa mais avançada do projeto, porém o foco geral foi a relação do usuário com o prédio e a instituição, como apresentado a seguir:

Figura 15 - Modelo do Questionário Aplicado - Aspectos Físicos e Subjetivos

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**QUESTIONÁRIO PARA USUÁRIOS**

Olá! Somos alunos da Poli-USP e, como nosso Trabalho de Conclusão de Curso, estamos estudando o Prédio da Engenharia Civil para verificar o nível de satisfação de seus usuários (vocês! :)).

**A sua identificação é completamente opcional e agradecemos desde já pela colaboração!**

1. CARACTERÍSTICAS DO ENTREVISTADO						
1.1. Sexo:	<input type="radio"/> Feminino		<input type="radio"/> Masculino			
1.2. Idade:	_____ anos					
1.3. Altura:	_____ m					
1.4. Peso:	_____ kg					
1.5. Tempo de Poli:	< 1 ano <input type="radio"/>	1 - 2 anos <input type="radio"/>	2 - 3 anos <input type="radio"/>	3 - 4 anos <input type="radio"/>	4 - 5 anos <input type="radio"/>	> 5 anos <input type="radio"/>
1.6. Você possui alguma necessidade especial?	<input type="radio"/> Sim		<input type="radio"/> Não			
Se "Sim", qual?						
2. ASPECTOS SUBJETIVOS						
2.1. Você gosta de Engenharia Civil?	<input type="radio"/> Adoro!	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Não	<input type="radio"/> Odeio.	
2.2. Você gosta da Poli?	<input type="radio"/> Adoro!	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Não	<input type="radio"/> Odeio.	
2.3. Você gosta do prédio da Engenharia Civil?	<input type="radio"/> Adoro!	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Não	<input type="radio"/> Odeio.	
2.4. O que acha dos professores da Civil?	<input type="radio"/> Adoro!	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Não	<input type="radio"/> Odeio.	
2.5. O que acha dos alunos da Civil?						
2.6. Circule as palavras que descrevem o prédio da instituição na sua opinião (considerando salas de aula, corredores, área de espera, estacionamento e a ambientação no geral), exemplifique se achar necessário.	Limpo	Bonito	Humano	Alegre	Seguro	Agradável
	Sujo	Feio	Insensível	Triste	Perigoso	Desagradável
	Amigável	Colorido	Cheiroso	Acessível	Silencioso	Calmo
	Intimidador	Apático	Malcheiroso	Inacessível	Barulhento	Agitado
2.7. Como você se sente em relação à segurança do prédio? (Em relação ao seu patrimônio)	<input type="radio"/> Ótim@	<input type="radio"/> Bem	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Mal	<input type="radio"/> Péssim@	
2.8. Como você se sente em relação à segurança do prédio? (Em relação a qualquer tipo de agressão, física ou moral).	<input type="radio"/> Ótim@	<input type="radio"/> Bem	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Mal	<input type="radio"/> Péssim@	
2.9. Você costuma estudar fora do horário de aula por aqui?	<input type="radio"/> Sempre	<input type="radio"/> Às vezes	<input type="radio"/> Nunca			
Se "Sim", onde?						
2.10. Você gosta de estudar por aqui?	<input type="radio"/> Adoro!	<input type="radio"/> Sim	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Não	<input type="radio"/> Odeio.	
Por quê?						
3. ASPECTOS FÍSICOS						
3.1. Você já observou algum problema no edifício?	<input type="radio"/> Sim		<input type="radio"/> Não			
Se "Sim", qual? (Ou quais?)						
3.2. Como você considera a manutenção (do prédio, das instalações e do mobiliário)?	<input type="radio"/> Ótima	<input type="radio"/> Boa	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Ruim	<input type="radio"/> Péssima	
3.3. Você considera que o prédio possui acessibilidade a todos os seus usuários?	<input type="radio"/> Sim		<input type="radio"/> Não			
3.4. Você conhece as rotas de saída disponíveis em caso de emergência?	<input type="radio"/> Sim		<input type="radio"/> Não			
3.5. Como você se sente quanto à localização e características das escadas e elevadores?	<input type="radio"/> Ótim@	<input type="radio"/> Bem	<input type="radio"/> Médio	<input type="radio"/> Mal	<input type="radio"/> Péssim@	
3.6. Circule as palavras que descrevem um prédio de aulas <b>ideal</b> na sua opinião (considerando salas de aula, corredores, área de espera, estacionamento e a ambientação no geral), exemplifique se achar necessário.	Limpo	Bonito	Humano	Alegre	Seguro	Agradável
	Sujo	Feio	Insensível	Triste	Perigoso	Desagradável
	Amigável	Colorido	Cheiroso	Acessível	Silencioso	Calmo
	Intimidador	Apático	Malcheiroso	Inacessível	Barulhento	Agitado

E, se você gostaria de se envolver com esse trabalho de alguma forma ou só de bater um papo com a gente, deixa um contato seu aqui (pode ser nome, Facebook, whatsapp, etc... só deixar indicado o que é!).

Caso prefira entrar em contato, procure a gente no Facebook:  
Dennis Marques, Felipe Marino Kühl, Monise Bettin, Tainah Lima e Thiago Araujo Vannuzini  
**E, muito obrigado!**

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

## 6 ANÁLISE

A seguir, serão apresentadas as análises gerais de cada sala e, depois, separadas pelos mesmos grandes temas anteriores. Porém, antes, um breve resumo das normas utilizadas:

Tabela 6 - Resumo das normas utilizadas para análise das salas

Conforto	Aspecto	Norma	Limites
Térmico	Temperatura de bulbo seco	NBR 16401	Inverno: 21 - 24 °C
			Verão: 22,5 - 26 °C
			Adotado: 21 - 26 °C
	Umidade Relativa	NBR 16401	Inverno: 30 - 60 %
			Verão: 35 - 65%
			Adotado: 30 - 65%
	Velocidade do ar	NBR 16401	Inverno: <0,2m/s
			Verão: <0,25m/s
			Adotado: se frio, <0,2m/s; se calor, <0,25m/s
	Concentração de CO2	NBR 16401	Entre valor externo e valor externo + 700ppm; Adotado: 500 - 1200 ppm
Acústico	Intensidade Sonora	NBR 10151	Som ambiente externo: <50dB
		NBR 10152	Som ambiente interno: 40 - 50dB
Luminoso	Iluminância da lousa	NBR 5413	300 - 500 - 750 lux
	Iluminância da mesa (plano de trabalho)	NBR 5413	200 - 300 - 500 lux
	Refletância da lousa	Iesna	<20%
	Refletância da mesa (plano de trabalho)	Iesna	30 - 50%
	Contraste do plano de trabalho e o entorno imediato (sulfite com a mesa)	Iesna	3:1 (proporção de iluminâncias)

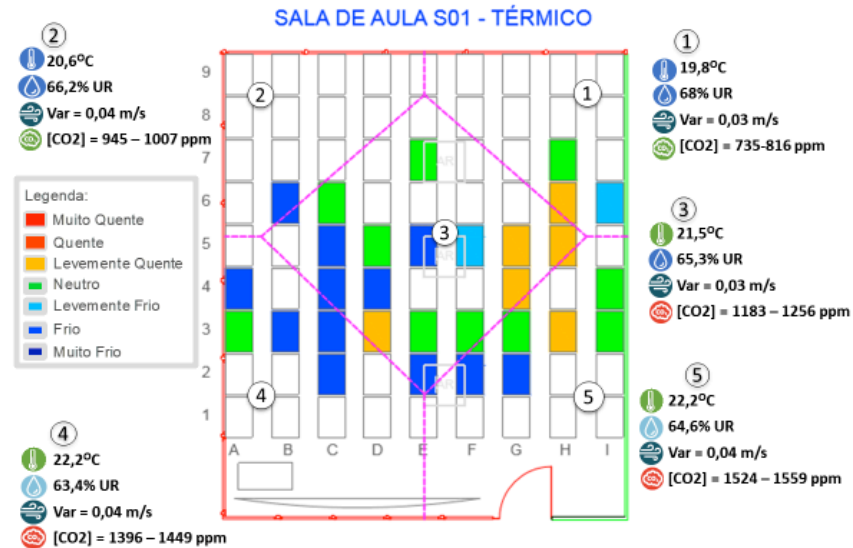
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).



## 6.1 ANÁLISES GERAIS DAS SALAS

### 6.1.1 SALA S01

Figura 16 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Térmico



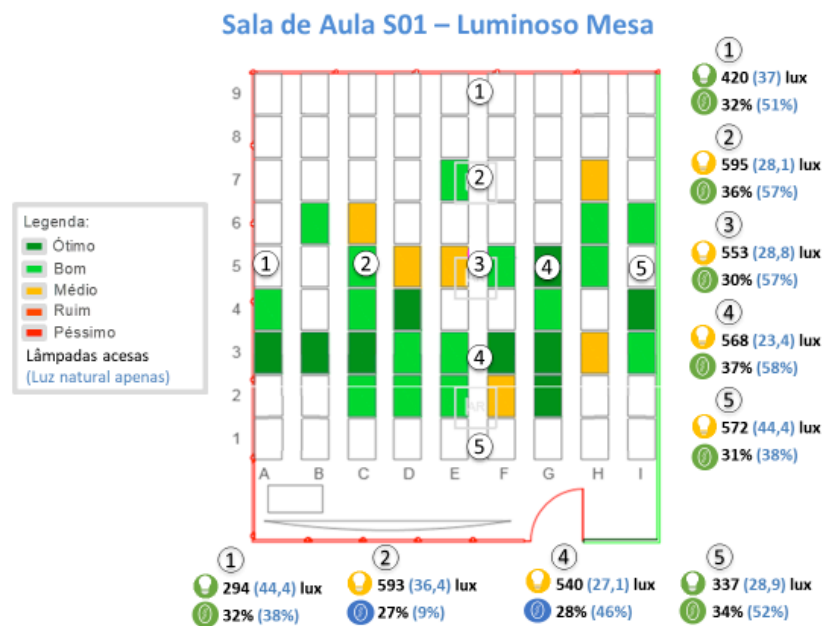
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 17 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 18 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa



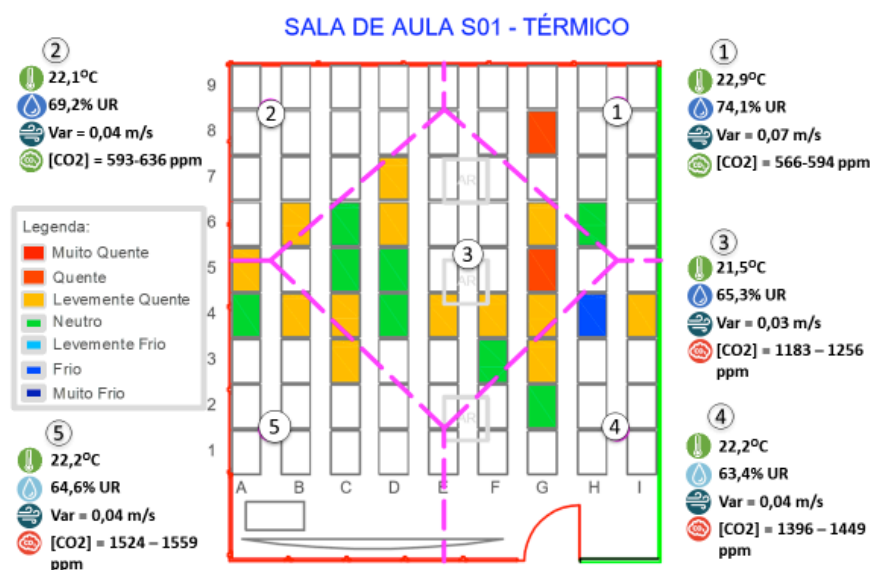
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 19 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 1ª medição – Conforto Luminoso Louisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 20 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 21 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 22 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 23 - Mapas de sensações dos usuários e medições S01 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 7 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S01

Sala S01		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	19,8 – 21,3 – 22,2 °C	21,5 – 22,2 – 22,9 °C
	Umidade Relativa	63,4 – 65,5 – 68 %	63,4 – 67 – 74,1 %
	Velocidade do ar*	0,03 – 0,04 – 0,04 m/s	0,03 – 0,04 – 0,07 m/s
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	735 – 1231 – 1559 ppm	566 – 1252 – 1559 ppm
Luminoso	Iluminância da lousa	234 – 239 lux	340 – 436 lux
	Refletância da lousa	24 %	10 – 12 %
	Iluminância das carteiras	294 – 595 lux	287 – 518 lux
	Refletância das carteiras	27% - 37%	29% - 56%
Acústico	Intensidade sonora	51,8 – 77,3 dB	50,7 – 74,1 dB

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 8 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S01

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Sala S01	Observações das Medições	
Descrição	<p>Quinta-Feira, 24/08/2017;</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta fechada;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado;</p>	<p>Quinta-Feira, 09/11/2017;</p> <p>Horário: 09:20 – 11:00;</p> <p>Duas janelas do fundo abertas;</p> <p>Porta fechada;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado;</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	No início da aula, a sala estava um pouco mais fria, porém com o passar do tempo a temperatura média esteve dentro do recomendável pela norma.	A temperatura se encaixa mais próxima do recomendável.
Luminoso	Boa iluminação nas mesas, devido a duas paredes de janelas. Um pouco acima do recomendável pela norma. A lousa estava com iluminância abaixo do recomendável e refletância acima do recomendável, gerando ofuscamento.	Boa iluminação nas mesas, devido a duas paredes de janelas. A iluminância na lousa estava dentro do recomendável, porém a refletância permaneceu alta.
Acústico	Ruído levemente acima do máximo limite permitido por norma.	Ruído levemente acima do máximo limite permitido por norma (53,97 dB).

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 9 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S01  
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

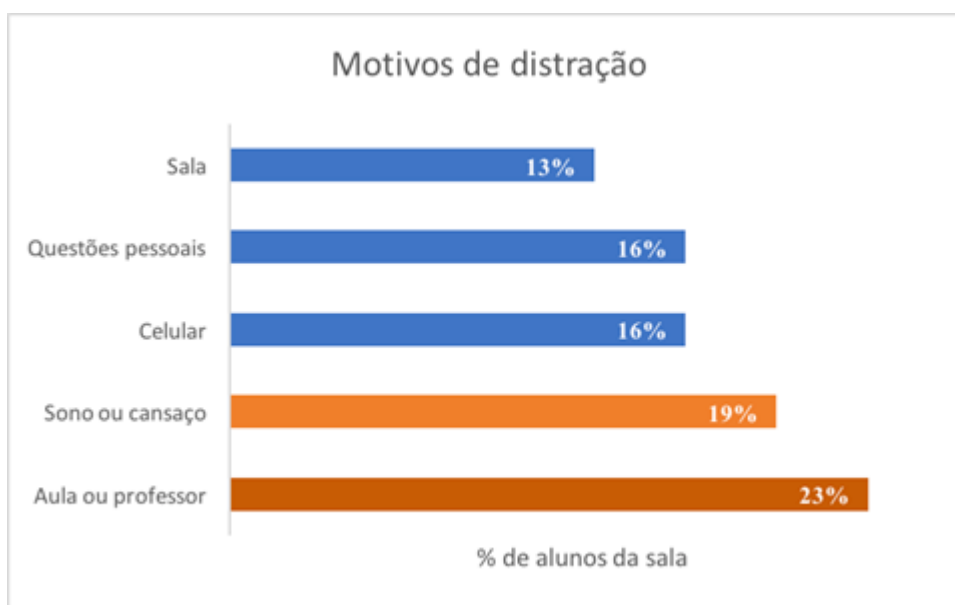
Sala S01	Observações das Sensações dos Usuários	
Descrição	<p>Quinta-Feira, 24/08/2017;</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta fechada;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado.</p>	<p>Quinta-Feira, 09/11/2017;</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Duas janelas do fundo abertas;</p> <p>Porta fechada;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado.</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	65% dos alunos com vestimenta de inverno e 35% com vestimenta de meia estação. 45% dos alunos sentiam a sala fria ou levemente fria no momento da medição.	54% dos alunos estavam com vestimenta de meia estação. 62% dos alunos sente a sala quente ou levemente quente.
Luminoso	A luminosidade no plano de trabalho não é boa apenas para 19% dos alunos, porém na lousa, há reclamação de 54% dos alunos.	A luminosidade no plano de trabalho não é boa para 25% dos alunos. Quanto a iluminação da lousa, a relação de alunos que não se sente satisfeito se manteve constante.
Acústico	Somente 23% dos alunos se incomodam com algum ruído na sala, e estes reclamam do barulho externo e dos corredores	67% dos alunos reclamam do barulho externo e dos corredores
Psicologia Ambiental	A aula tinha poucos alunos presentes, alguns distraídos com equipamentos eletrônicos, e outros realizando bastantes perguntas. 74% dos alunos relataram que se distraem durante a aula. 77% dos alunos se sentiam bem ou ótimos fisicamente. 42% dos alunos não se sentiam bem emocionalmente.	Os alunos estavam distraídos com celulares e saíam da sala no começo da aula. O professor chamou a atenção dos alunos dispersos na primeira metade da aula. Os alunos pararam de usar o celular. 79% dos alunos relataram que se distraem durante a aula. 63% dos alunos se sentiam bem fisicamente, mostrando redução em relação a última medição. 42% dos alunos não se sentiam bem emocionalmente, relação esta que se manteve.

A sala apresentou uma grande concentração de CO<sub>2</sub> nas áreas que havia maior concentração de alunos. Na primeira medição, os alunos sentiam muito frio, principalmente aqueles sentados próximos às janelas, onde a ação do vento foi mais significativa. Esse desconforto também é sentido quando analisada a distração, cerca de 74% dos alunos se distraem durante a aula.

Na segunda medição, a maioria sentiu a temperatura levemente quente, o que pode ser validado com valores de temperatura ligeiramente maiores em toda a sala. A concentração de CO<sub>2</sub> reduziu, mas mesmo abrindo uma segunda janela, existiram pontos de alta concentração, devido a janelas fechadas ou menor circulação de ar nestas áreas específicas. A mediana de velocidade de vento também foi mais expressiva na segunda medição, tornando a sala menos abafada.

Desta forma, pode-se relacionar também a redução de níveis de CO<sub>2</sub> e velocidade de vento entre cenários aos gráficos de motivos de distração a seguir, nos quais o item de sono ou cansaço reduz consideravelmente na segunda medição.

Figura 24 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S01 – 1ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).



Figura 25 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S01 – 2ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

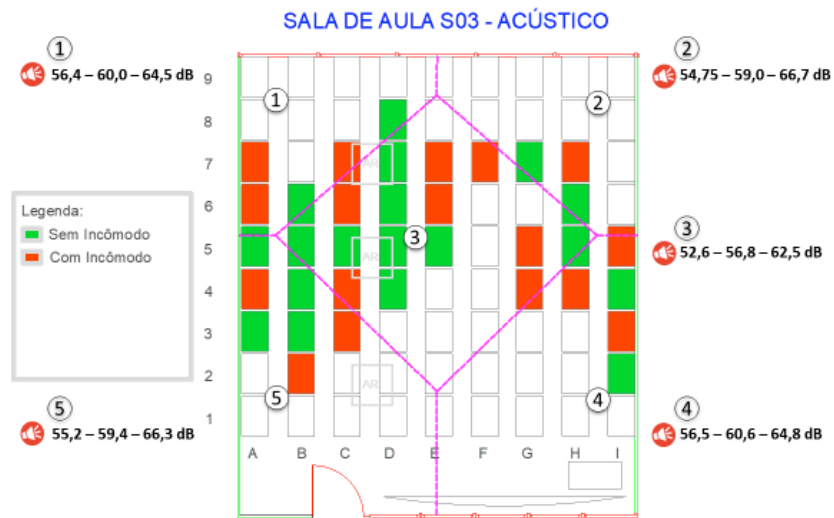
### 6.1.2 SALA S03

Figura 26 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 27 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Acústico



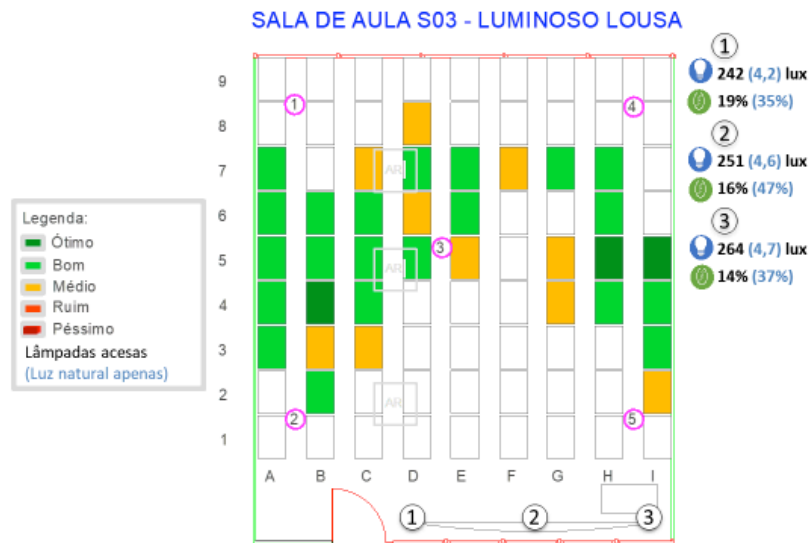
Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 28 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 29 - Mapas de sensações dos usuários e medições S03 – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 10 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S03

Sala S03		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	-	22,9 – 23,5 – 24,0 °C
	Umidade Relativa	-	73,5 – 75,5 – 77,4 %
	Velocidade do ar*	-	0,04 – 0,05 – 0,11 m/s
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	-	516 – 605 – 677 ppm
Luminoso	Iluminância da lousa	-	242 – 264 lux
	Refletância da lousa	-	14 – 19 %
	Iluminância das carteiras	-	348 – 500 lux
	Refletância das carteiras	-	25 – 36 %
Acústico	Intensidade sonora	-	55,11 – 64,96 dB

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Tabela 11 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S03

Sala S03	Observações das Medições	
Descrição	-	<p>Segunda, dia 30/10</p> <p>13:10 – 14:50;</p> <p>Três janelas do meio abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Nublado;</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	-	<p>A umidade relativa está acima da norma, já que estava nublado e choveu logo em seguida da aula;</p> <p>Concentração de CO2 estável e dentro da norma, por ter três janelas e a porta abertas;</p> <p>Maior concentração de CO2 no lugar com maior concentração de alunos;</p>
Luminoso	-	<p>A lousa apresenta iluminância abaixo da norma, deixando-a ligeiramente escura;</p> <p>Alguns pontos da sala têm mesas com refletância ligeiramente menor do que a recomendada na norma;</p>
Acústico	-	<p>O valor de intensidade sonora está ligeiramente acima da norma;</p> <p>O valor de intensidade sonora no centro da sala é o menor;</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

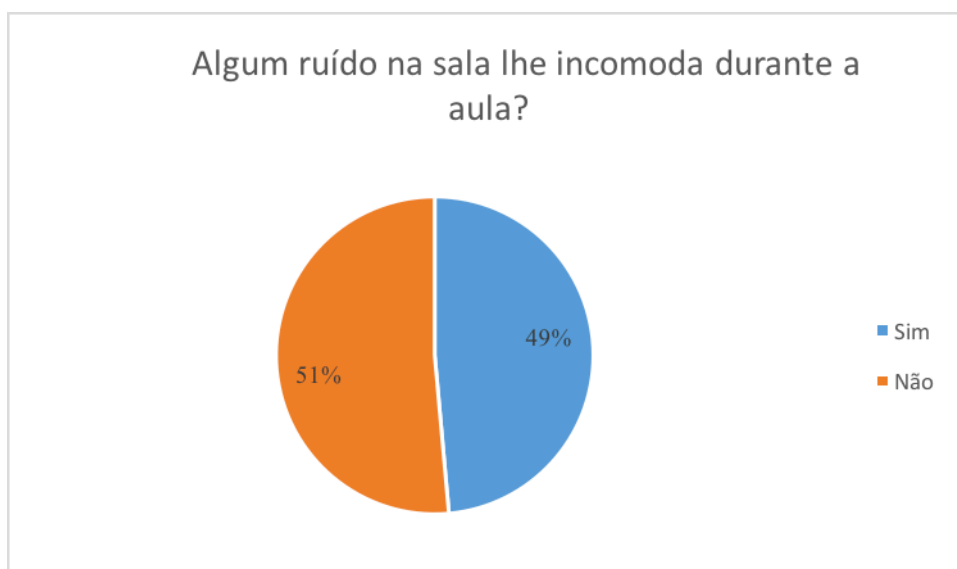
Tabela 12 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S03

Sala S03			Observações das Sensações dos Usuários
Descrição	-	<p>Segunda, dia 30/10</p> <p>13:10 – 14:50;</p> <p>Três janelas do meio abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Nublado;</p>	
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro	
Térmico	-	<p>83% dos alunos usavam roupas de meia-estação;</p> <p>60% dos alunos estavam confortáveis termicamente, 26% consideraram o ambiente frio/levemente frio;</p> <p>O ambiente estava seco para 11% dos alunos, e úmido para 11% deles.</p>	
Luminoso	-	<p>A luminosidade da mesa é boa/ótima para 92% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa/ótima para 69% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da tela de projeção é boa/ótima para 34% dos alunos.</p>	
Acústico	-	<p>49% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula.</p>	
Psicologia Ambiental	-	<p>88% dos alunos se sentiam bem/ótimos fisicamente;</p> <p>45% dos alunos se sentiam bem/ótimos emocionalmente, e 17% se sentiam mal/péssimos;</p> <p>89% dos alunos se distraem durante a aula.</p>	

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

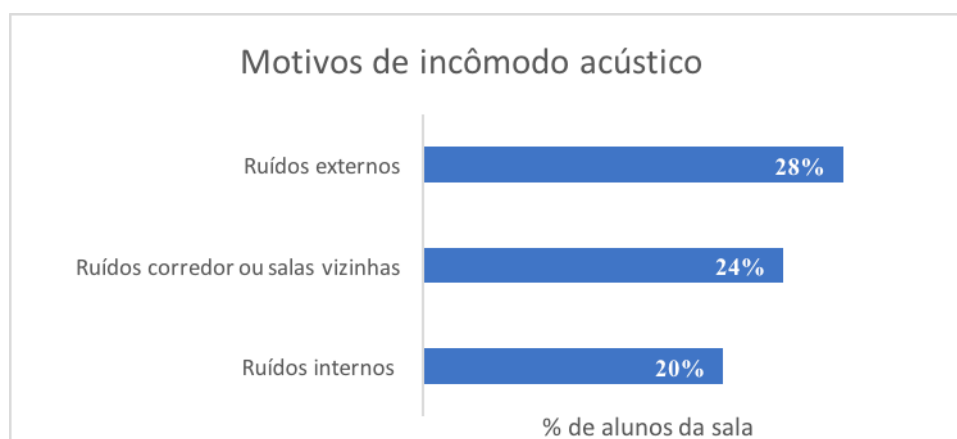
A sala apresentou níveis de CO<sub>2</sub> e temperatura dentro da norma e mais de 60% das pessoas se sentiam bem termicamente. Apesar disso, 89% dos alunos se distraíam, sendo os principais motivos a monotonia da aula ou professor, questões pessoais (falta de concentração/foco) e sono ou cansaço. A iluminância na região da lousa é abaixo da indicada pela norma e cerca de 45% dos alunos estavam insatisfeitos quanto a este quesito.

Figura 30 - Alunos incomodados por ruídos durante a aula da sala S03



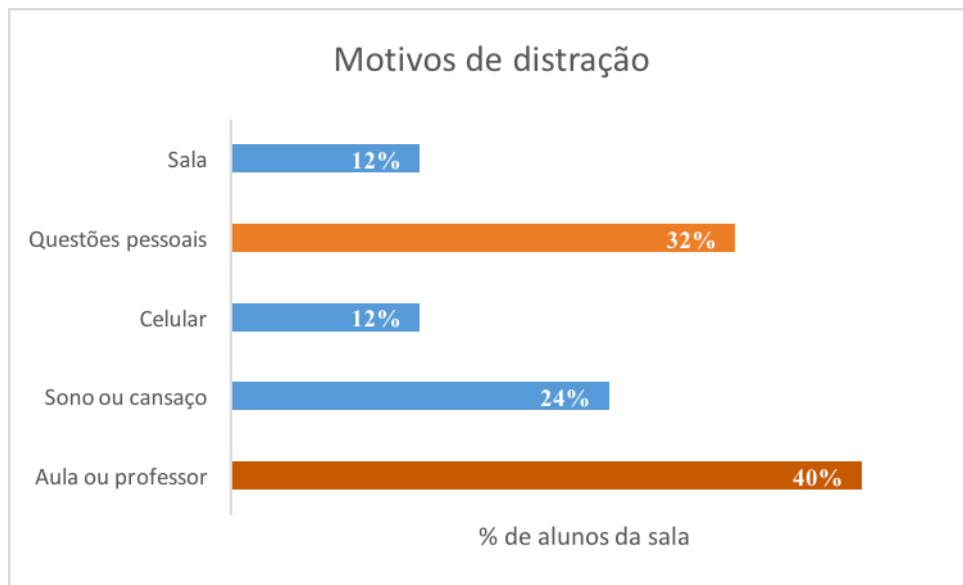
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 31 - Motivos de incômodo acústico levantados - sala S03



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

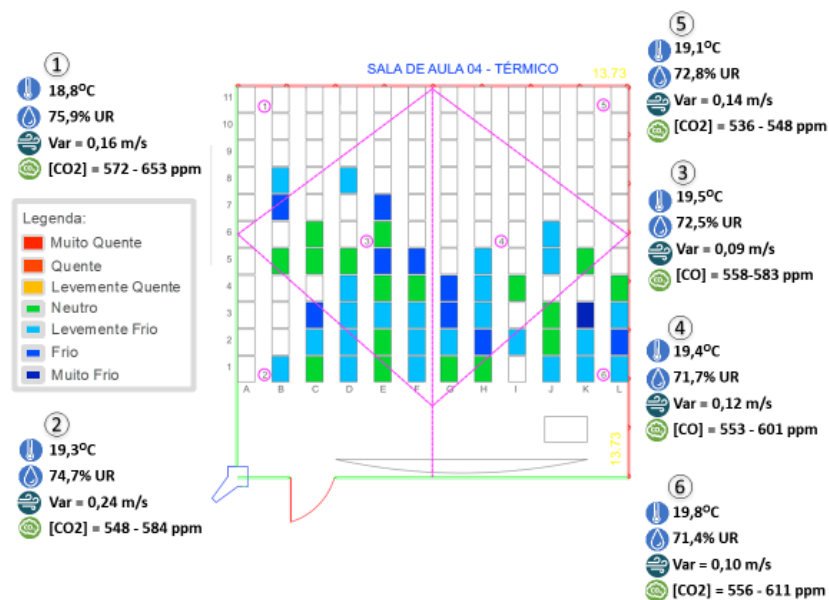
Figura 32 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S03



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

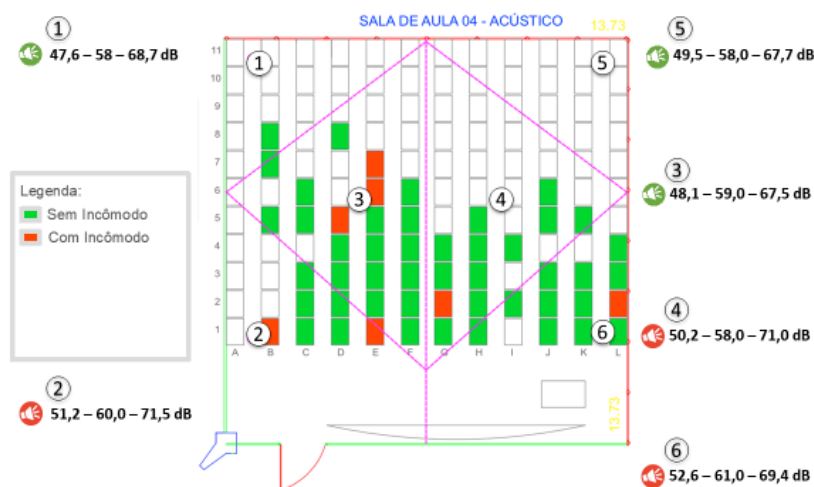
### 6.1.3 SALA S04

Figura 33 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Térmico



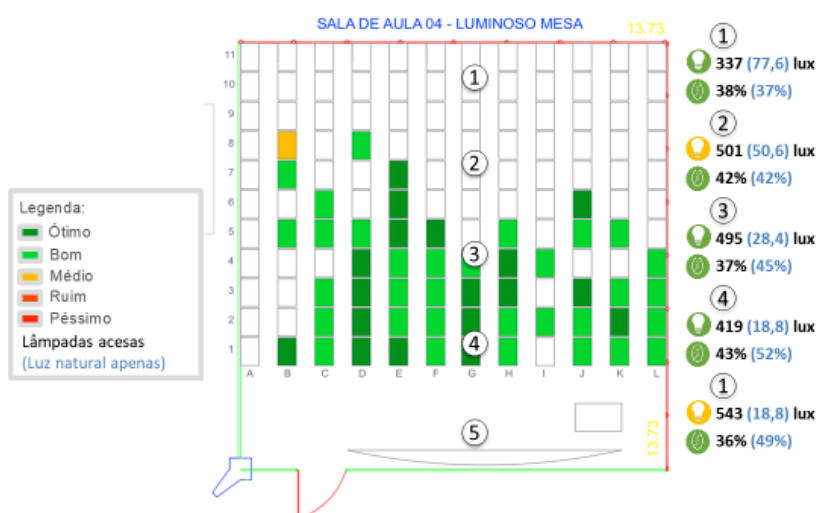
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 34 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

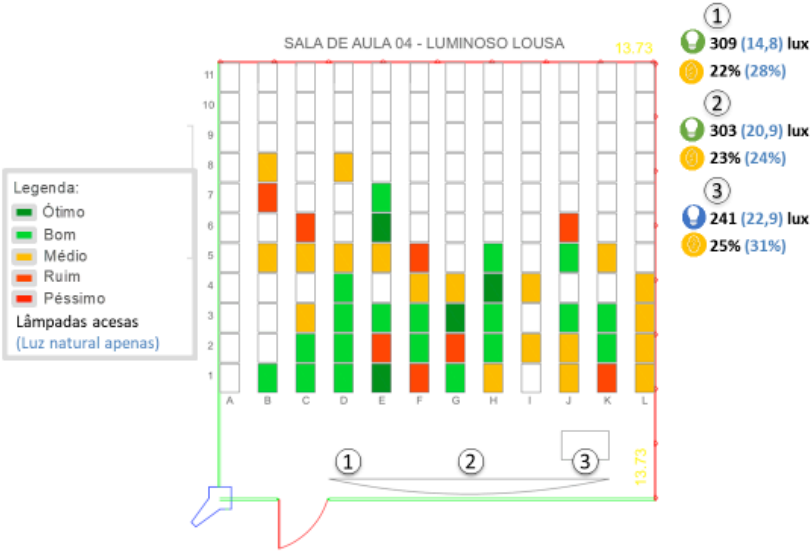
Figura 35 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

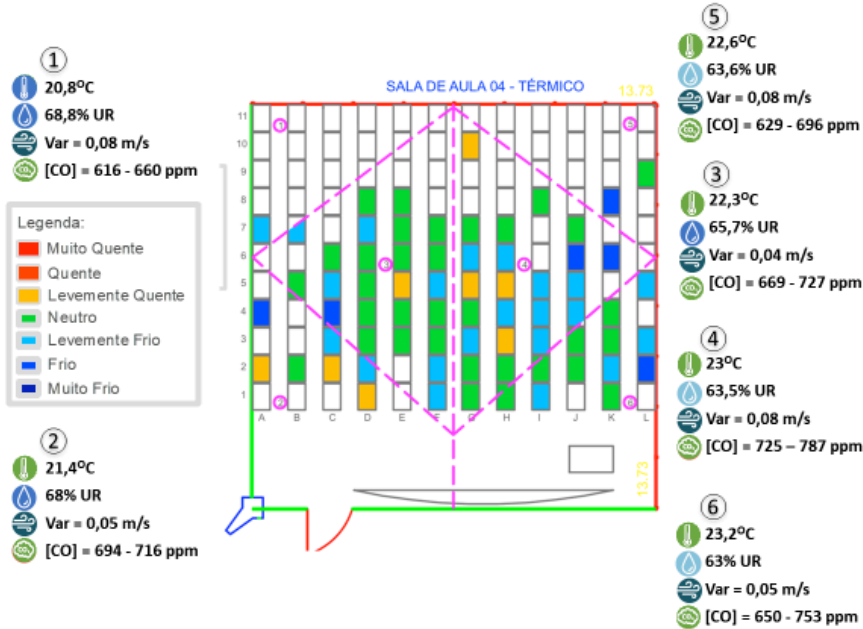


Figura 36 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 1ª medição – Conforto Luminoso Louisa



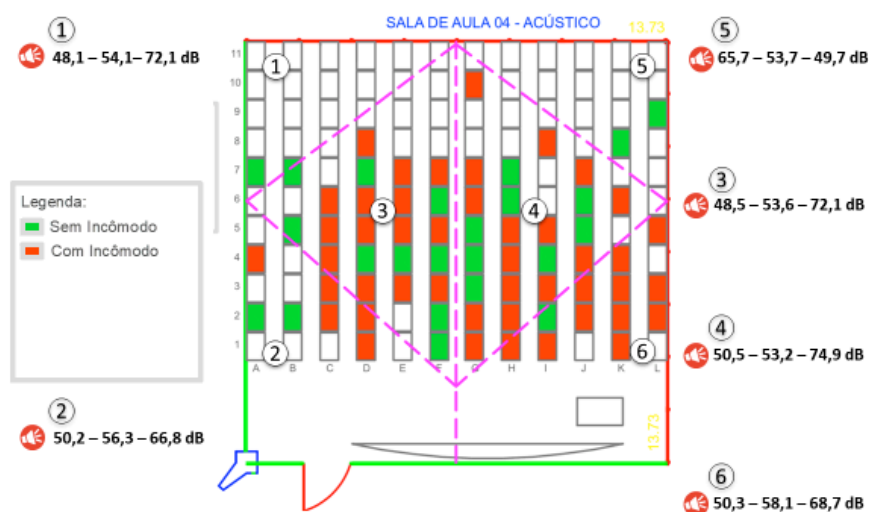
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 37 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Térmico



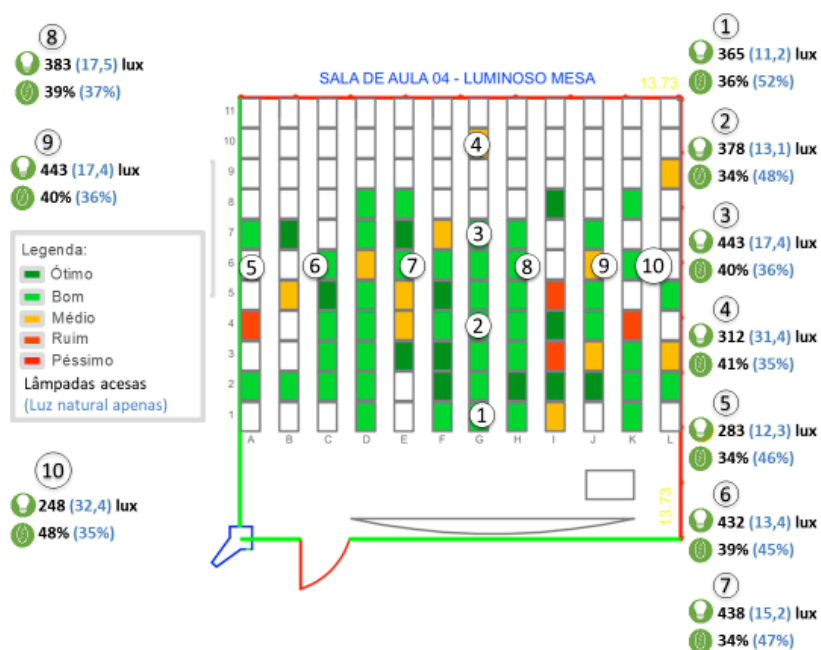
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 38 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 39 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 40 - Mapas de sensações dos usuários e medições S04 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 13 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S04

Sala S04		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	18,8 – 19,3 – 19,8 °C	20,8 – 22,2 – 23,2 °C
	Umidade Relativa	71,4 – 73,2 -75,9 %	63 – 65,4 – 68,8 %
	Velocidade do ar*	0,09 – 0,16 – 0,24 m/s	0,03 – 0,08 – 0,34 m/s
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	536 – 572 – 653 ppm	616 – 699 – 787 ppm
Luminoso	Iluminância da lousa	241 – 309 lux	84,7 – 96,2 lux
	Refletância da lousa	22 – 25 %	17 – 18 %
	Iluminância das carteiras	337 – 543 lux	248 – 443 lux
	Refletância das carteiras	36 – 43 %	34 – 48 %
Acústico	Intensidade sonora	47,6 – 71,5 dB	48,1 – 74,9 dB

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 14 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S04

Sala S04		Observações das Medições	
Descrição	<p>Quinta-feira, dia 31/08</p> <p>8:30 – 10:30;</p> <p>Janelas abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Nublado</p>	<p>Quarta-feira, dia 8/11</p> <p>9:10 – 11:00;</p> <p>Vitrôs do fundo e do lado abertos;</p> <p>Porta aberta a aula inteira;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Nublado</p>	
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro	
Térmico	A temperatura média está um pouco abaixo da recomendável pela norma que é de no mínimo 20 °C. A velocidade do ar na sala é alta	A temperatura se encaixa mais próxima do recomendável (próximas a 23°C). A velocidade relativa do ar é menor se comparado a primeira medição.	
Luminoso	Não foram coletados os dados dessa medição	Boa iluminação nas carteiras – dentro do recomendável pela norma. Já a iluminância e refletância na lousa estão muito abaixo da norma	
Acústico	Ruído acima do máximo limite permitido por norma (71,5 dB)	Ruído acima do máximo limite permitido por norma (74,9 dB)	

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 15 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S04

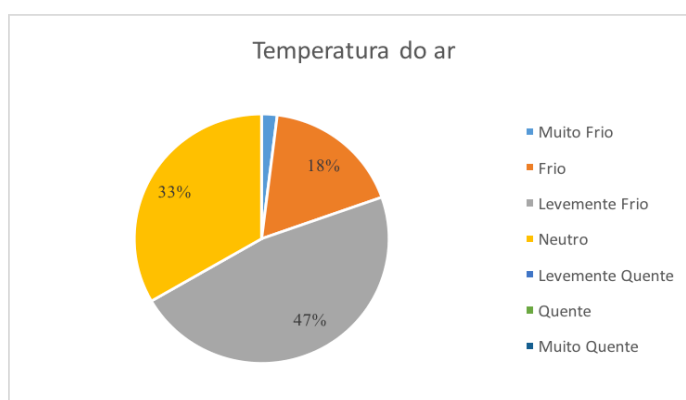
Sala S04	Observações das Sensações dos Usuários	
Descrição	<p>Quinta-feira, dia 31/08</p> <p>8:30 – 10:30;</p> <p>Janelas abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Nublado</p>	<p>Quarta-feira, dia 8/11</p> <p>9:10 – 11:00;</p> <p>Vitrôs do fundo e do lado abertos;</p> <p>Porta aberta a aula inteira;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Nublado</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	<p>65% dos alunos sentiam a sala fria/levemente fria no momento da medição,</p> <p>2% sentiam a sala levemente quente, e 33% estavam confortáveis.</p>	<p>52% dos alunos se sentem desconfortáveis termicamente. Para 9% dos alunos a sala estava fria e 32% dos alunos a sala estava levemente fria e 11% levemente quente</p>
Luminoso	A luminosidade na lousa não é boa para 54% dos alunos	Poucos relatos de problemas da iluminação na lousa: A luminosidade não é boa para 70% dos alunos
Acústico	<p>Somente 7 alunos (14% da sala) se incomodam com algum ruído na aula. Desses 14%, 67% apontam o ruído externo como incômodo (em geral, os mais próximos à porta e às janelas), e 33% as conversas paralelas.</p>	<p>Alunos reclamam do barulho externos.</p> <p>66% das pessoas se sentem incomodadas com ruídos e dessas 67% reclamam de barulhos externos.</p>
Psicologia Ambiental	<p>Dos 51 alunos presentes, 41 se distraíam (80% do total). Os principais motivos são: sono/cansaço (27%) e aula longa/desinteressante (25%).</p>	<p>87% dos alunos se distraem durante a aula. Os principais motivos são: não ouvir o professor (26%) e celular (26%). Menor reclamação sobre sono. Os alunos que prestam mais atenção são aqueles que se sentam próximos ao professor. A primeira pergunta só foi feita bem no final da aula – cerca de 30 min antes de acabar.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Durante a primeira medição, os alunos relataram que sentiam muito frio e, de fato, a sala apresentava temperaturas abaixo do indicado pela norma, além elevado índice de umidade. 80% dos alunos citaram que se distraiam durante a aula e, apesar do CO2 estar dentro do desejável pela norma, 20% dos alunos ainda relataram sono/cansaço. O motivo principal de distração dos alunos foi relacionado ao ritmo/conteúdo da aula ou dinâmica/didática do professor.

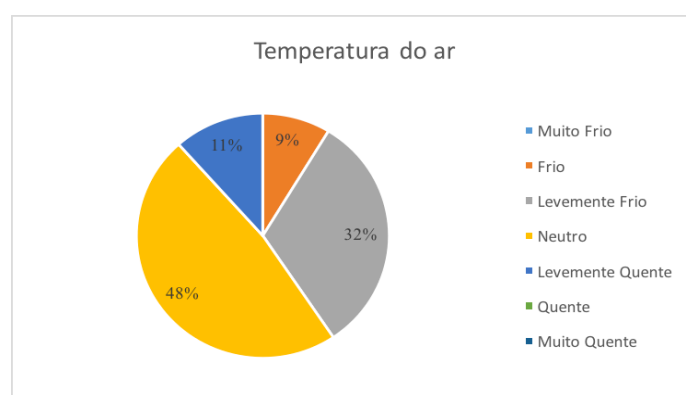
Já na segunda medição, a temperatura da sala já está mais próxima do desejado pela norma e 60% dos alunos se sentem confortáveis termicamente. Na iluminação da lousa entre médio/ruim/péssimo, 72% dos alunos apontaram problemas e verificando na medição, a iluminância está consideravelmente abaixo do desejável.

Figura 41 - Sensações de conforto quanto à temperatura do ar – S04 – 1ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

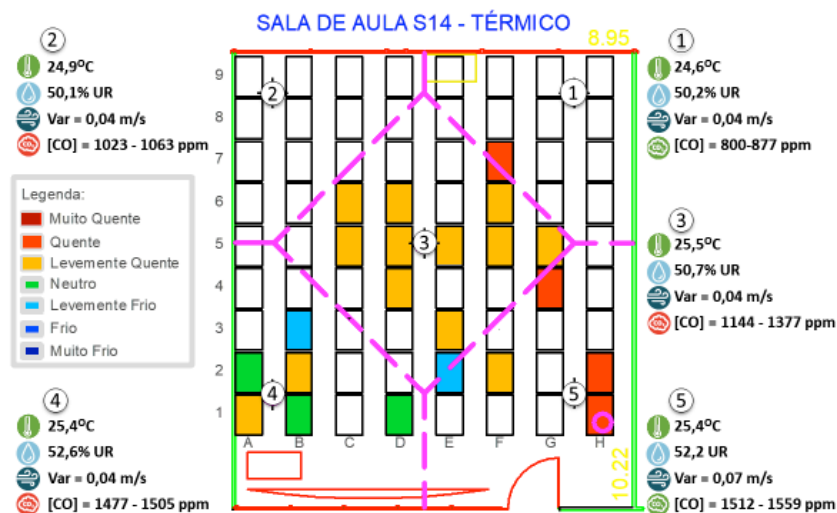
Figura 42 - Sensações de conforto quanto à temperatura do ar – S04 – 2ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

### 6.1.4 SALA S14

Figura 43 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 44 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Acústico



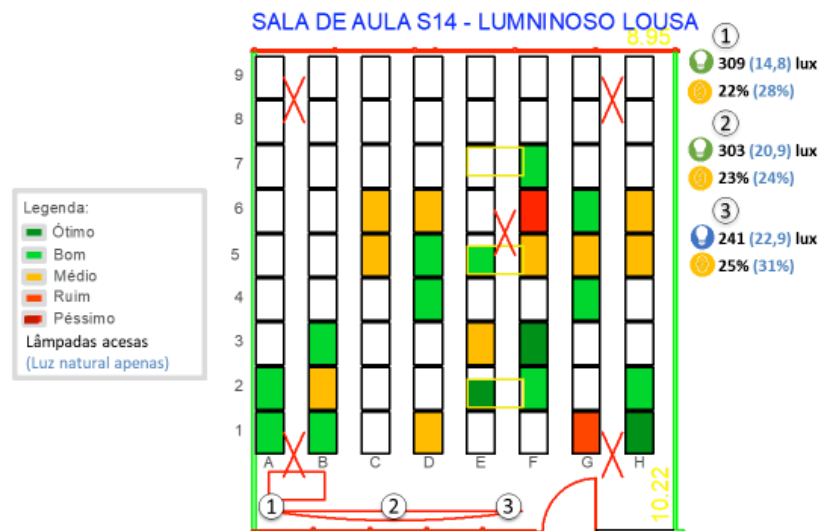
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 45 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

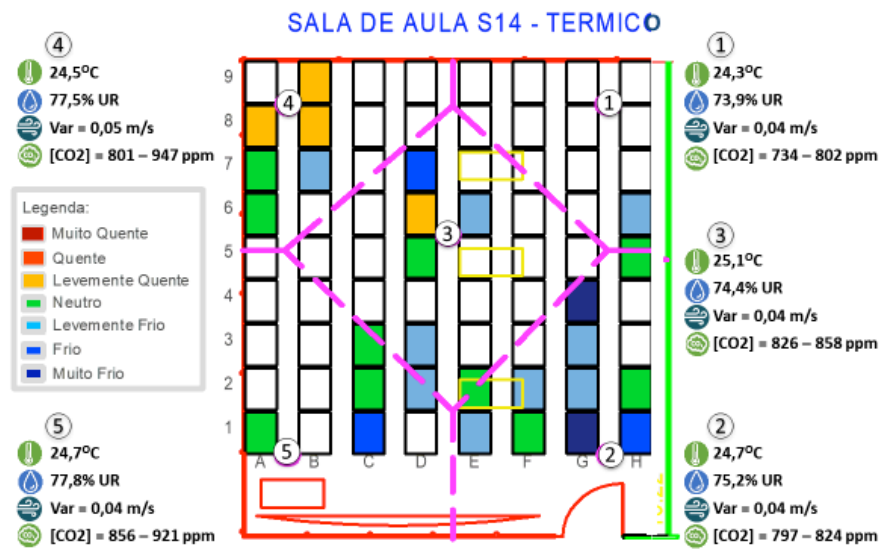
Figura 46 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

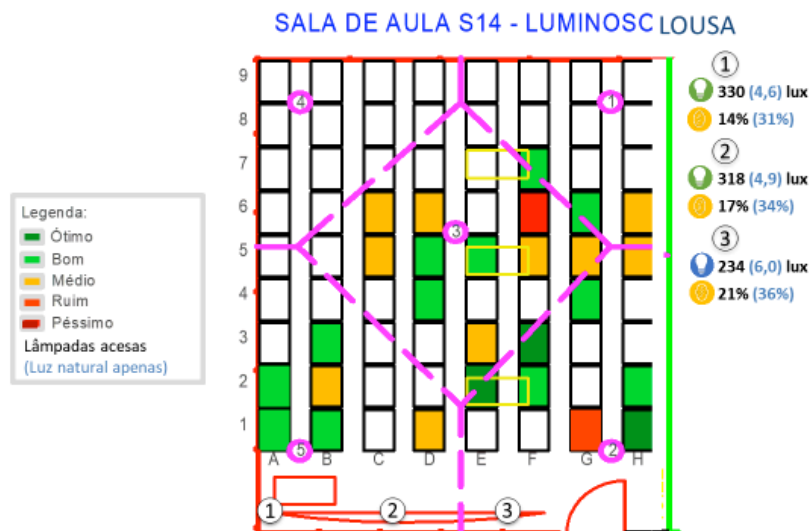


Figura 47 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 48 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 49 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 50 - Mapas de sensações dos usuários e medições S14 – 2ª medição – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 16 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S14

Sala S14		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	24,6 – 25,2 – 25,5 °C	24,3 – 24,7 – 25,1 °C
	Umidade Relativa	50,1 – 51,2 – 52,6 %	73,9 – 65,5 – 77,8 %
	Velocidade do ar*	0,04 – 0,04 – 0,07 m/s	0,04 – 0,04 – 0,05 m/s
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	800 – 1171 – 1559 ppm	734 – 834 – 947 ppm
Luminoso	Iluminância da lousa	241 – 309 lux	234 – 330 lux
	Refletância da lousa	22 – 25%	14 – 21 %
	Iluminância das carteiras	337 – 543 lux	324 – 489 lux
	Refletância das carteiras	36 – 43 %	27 – 32 %
Acústico	Intensidade sonora	50,4 – 73,0 dB	47,9 – 63,9 dB

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 17 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S14

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Sala S14	Observações das Medições	
Descrição	<p>Segunda-feira, 28/08/2017</p> <p>Horário: 15:00 – 16:00;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu claro.</p>	<p>Segunda-feira, 30/10/2017</p> <p>Horário: 15:00 – 16:40;</p> <p>Uma janela aberta;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Chuva no início da aula.</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	A concentração de CO2 na sala é alta, acima da norma e crescente no decorrer da duração da aula.	<p>A umidade relativa está acima da norma, já que choveu no início da aula;</p> <p>Concentração de CO2 estável e dentro da norma, apesar de relativamente alta por ter apenas uma janela aberta por conta da chuva.</p>
Luminoso	A lousa apresenta iluminância abaixo da norma, deixando-a ligeiramente escura, e refletância acima da norma, gerando ofuscamento.	A lousa apresenta iluminância abaixo da norma, deixando-a ligeiramente escura.
Acústico	O valor de intensidade sonora está acima da norma.	O valor de intensidade sonora está ligeiramente acima da norma.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 18 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S14

Sala S14	Observações das Sensações dos Usuários	
Descrição	<p>Segunda, 28/08/2017</p> <p>15:00 – 16:00;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu claro.</p>	<p>Segunda, 30/10/2017</p> <p>15:00 – 16:40;</p> <p>Uma janela aberta;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Chuva no início da aula.</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	<p>81% dos alunos usavam roupas de meia-estação;</p> <p>63% dos alunos consideraram o ambiente levemente quente/quente;</p> <p>O ambiente estava seco para 48% dos alunos.</p>	<p>76% dos alunos usavam roupas de meia-estação;</p> <p>48% consideraram o ambiente levemente quente/quente/quente;</p> <p>O ambiente estava seco para 14% dos alunos, e úmido para 24%.</p>
Luminoso	<p>A luminosidade da mesa é boa/ótima para 78% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa para 55% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da tela de projeção é boa/ótima para 41% dos alunos;</p>	<p>A luminosidade da mesa é boa/ótima para 73% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa para 52% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da tela de projeção é boa/ótima para 45% dos alunos;</p>
Acústico	<p>41% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula.</p>	<p>48% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula.</p>

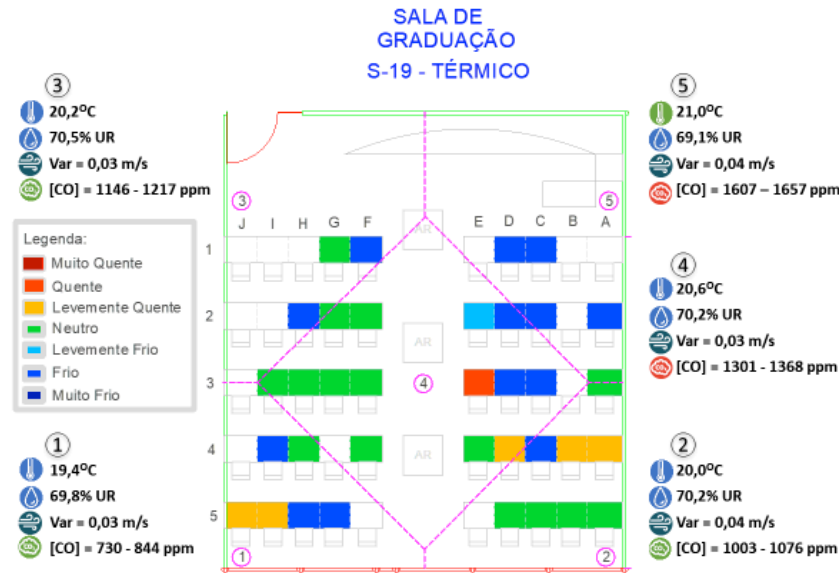
Psicologia Ambiental	<p>59% dos alunos se sentiam bem fisicamente;</p> <p>56% dos alunos se sentiam bem emocionalmente, e 8% se sentiam mal/péssimos;</p> <p>81% dos alunos se distraem durante a aula.</p>	<p>65% dos alunos se sentiam bem/ótimos fisicamente;</p> <p>28% dos alunos se sentiam bem/ótimos emocionalmente, e 17% se sentiam mal;</p> <p>83% dos alunos se distraem durante a aula.</p>
----------------------	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Na primeira medição, a temperatura estava alta (cerca de 25 °C), com UR em torno de 40% e alta concentração de CO<sub>2</sub>. Cerca de 61% das pessoas se sentiam com calor. Na segunda medição os alunos continuam não se sentindo bem termicamente, visto que a temperatura continuou com valores elevados, mesmo que com concentração menor de CO<sub>2</sub>.

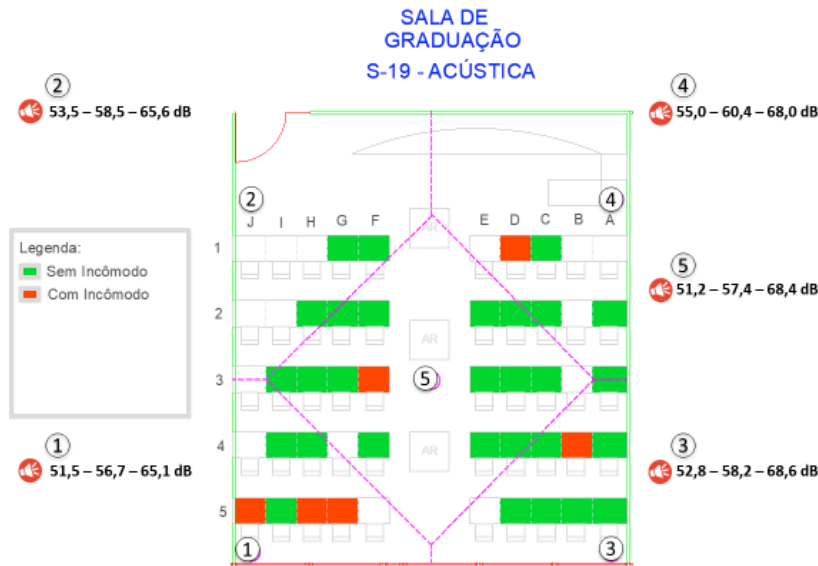
### 6.1.5 SALA S19

Figura 51 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Térmico



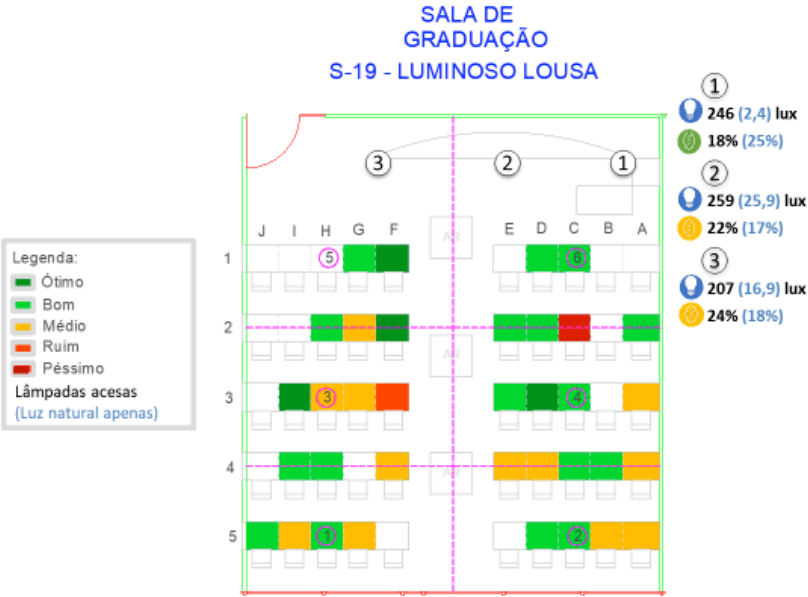
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 52 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Acústico



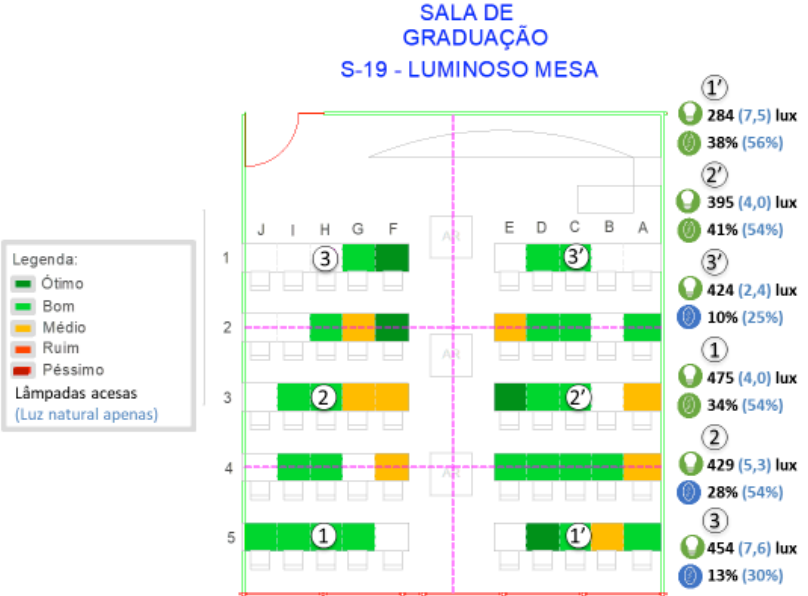
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 53 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Luminoso Louisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 54 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



Figura 55 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Térmico



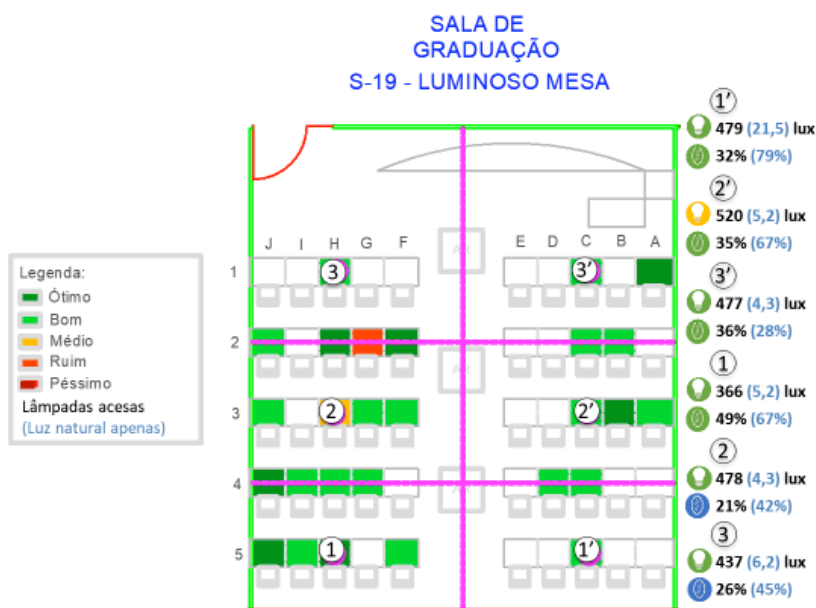
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 56 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Acústico



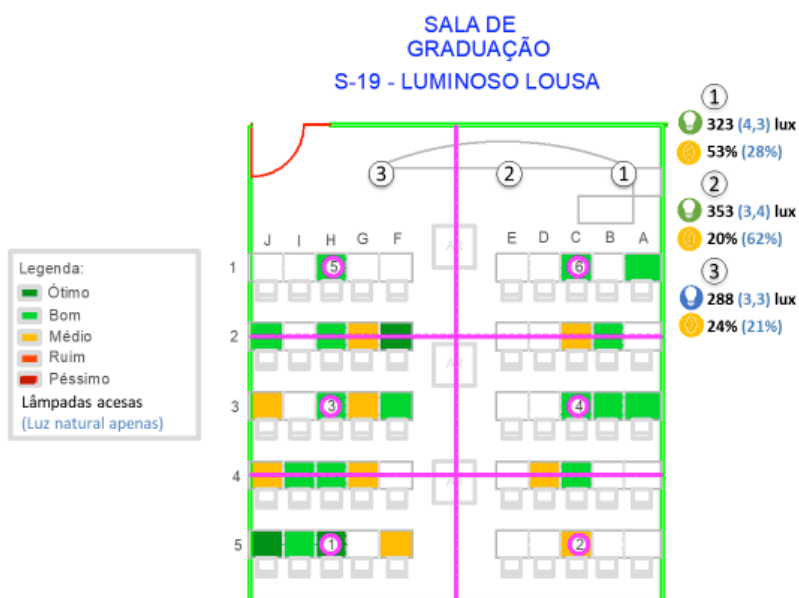
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 57 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 58 - Mapas de sensações dos usuários e medições S19 – 2ª medição – Conforto Luminoso Louça



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 19 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S19

Sala S19		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	19,4 – 20,2 – 21,0 °C	21,0 – 21,4 – 21,7 °C
	Umidade Relativa	69,8 – 70,2 – 70,5 %	64,3 – 65,6 – 66,8 %
	Velocidade do ar*	0,03 – 0,03 – 0,04 m/s	0,04 – 0,06 – 0,16 m/s
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	730 – 1179 – 1657 ppm	521 – 558 – 677 ppm
Luminoso	Iluminância da lousa	207 – 259 lux	288 – 353 lux
	Refletância da lousa	18 – 24%	20 – 53 %
	Iluminância das carteiras	284 – 475 lux	366 – 520 lux
	Refletância das carteiras	10 – 41 %	21 – 49 %
Acústico	Intensidade sonora	52,77 – 67,14 dB	53,36 – 70,08 dB

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 20 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S19

Sala S19	Observações das Medições	
Descrição	<p>Quarta, dia 23/08</p> <p>07:30 – 09:10;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta fechada;</p> <p>Todas as luzes acesas, exceto a primeira fileira (lousa);</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Nublado;</p>	<p>Quarta, dia 08/11</p> <p>07:30 – 09:10;</p> <p>Duas janelas do meio abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas, exceto a primeira fileira (lousa);</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Nublado;</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	<p>Ponto mais próximo da janela e medido no início da aula com temperatura mais baixa que a norma;</p> <p>A umidade relativa está acima da norma, já que estava nublado;</p> <p>A concentração de CO2 na sala é alta, acima da norma e crescente no decorrer da duração da aula;</p> <p>Concentração maior de CO2 em canto longe de janelas e porta;</p>	<p>A umidade relativa está acima da norma, já que estava nublado;</p> <p>Concentração de CO2 estável e dentro da norma, por ter duas janelas e a porta abertas;</p> <p>Concentração maior de CO2 próxima da porta;</p>
Luminoso	<p>A lousa apresenta iluminância abaixo da norma, devido à fileira com lâmpadas apagadas, deixando-a ligeiramente escura, e refletância acima da norma, gerando ofuscamento;</p> <p>Alguns pontos da sala próximos da fileira com lâmpadas apagadas têm mesas com refletância muito menor do que a recomendada na norma;</p>	<p>A lousa apresenta iluminância abaixo da norma, devido à fileira com lâmpadas apagadas, deixando-a ligeiramente escura, e refletância acima da norma, gerando ofuscamento;</p> <p>Alguns pontos da sala próximos da fileira com lâmpadas apagadas têm mesas com refletância muito menor do que a recomendada na norma;</p>

Acústico	<p>O valor de intensidade sonora está ligeiramente acima da norma;</p> <p>O valor de intensidade sonora longe de janelas e porta é maior;</p>	<p>O valor de intensidade sonora está ligeiramente acima da norma e sobe um pouco por conta das janelas e porta abertas;</p> <p>O valor de intensidade sonora próximo de aberturas é maior;</p>
----------	---	---

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 21 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S19

Sala S19	Observações das Sensações dos Usuários	
Descrição	<p>Quarta, 15:00 – 16:00;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu claro;</p>	<p>Quarta, 15:00 – 16:40;</p> <p>Uma janela aberta;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Chuva no início da aula;</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	<p>94% dos alunos usavam roupas de inverno;</p> <p>40% dos alunos consideraram o ambiente frio/levemente frio, e 17% consideraram quente/levemente quente;</p> <p>O ambiente estava seco para 29% dos alunos, e úmido para 6%.</p>	<p>44% dos alunos usavam roupas de inverno e 48% de meia-estação;</p> <p>71% dos alunos consideraram o ambiente frio/levemente frio;</p> <p>O ambiente estava seco para 19% dos alunos, e úmido também para 19% deles.</p>
Luminoso	<p>A luminosidade a mesa é boa/ótima para 77% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa/ótima para 60% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da tela de projeção é boa/ótima para 49% dos alunos.</p>	<p>A luminosidade a mesa é boa/ótima para 93% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa/ótima para 67% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da tela de projeção é boa/ótima para 56% dos alunos.</p>

Acústico	17% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula.	22% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula.
Psicologia Ambiental	80% dos alunos se sentiam bem/ótimos fisicamente;  54% dos alunos se sentiam bem/ótimos emocionalmente, e 6% se sentiam mal/péssimos;  86% dos alunos se distraem durante a aula.	71% dos alunos se sentiam bem/ótimos fisicamente;  56% dos alunos se sentiam bem/ótimos emocionalmente, e 18% se sentiam mal/péssimos;  70% dos alunos se distraem durante a aula.

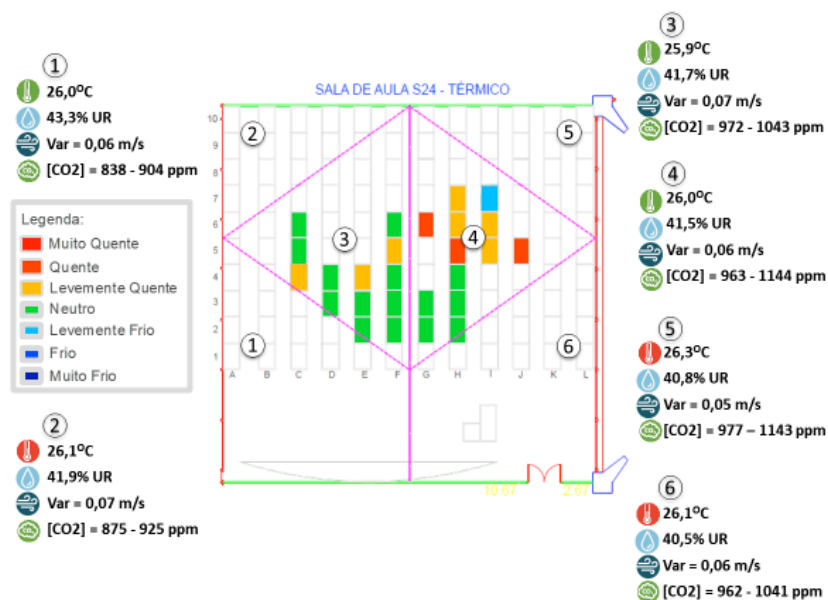
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Na primeira medição a sala apresentou temperaturas abaixo do indicado pela norma e quase metade dos alunos considerou o ambiente frio/ligeiramente frio. A maioria das meninas estavam desconfortáveis, considerando o ambiente frio/levemente frio. No entanto, 43% dos alunos se sentiram confortáveis termicamente. Há uma alta concentração de CO<sub>2</sub> e a maioria da distração se dá novamente pelo sono/cansaço.

Na segunda medição, a temperatura estava ligeiramente maior que na primeira medição, figurando-se dentro da norma, mas mesmo assim a grande maioria dos alunos ainda considerou o ambiente frio/ligeiramente frio. Houve redução no CO<sub>2</sub> da sala e, novamente, evidencia-se a redução de citações de distração devido ao sono/cansaço pelos alunos (de 37% para 26%).

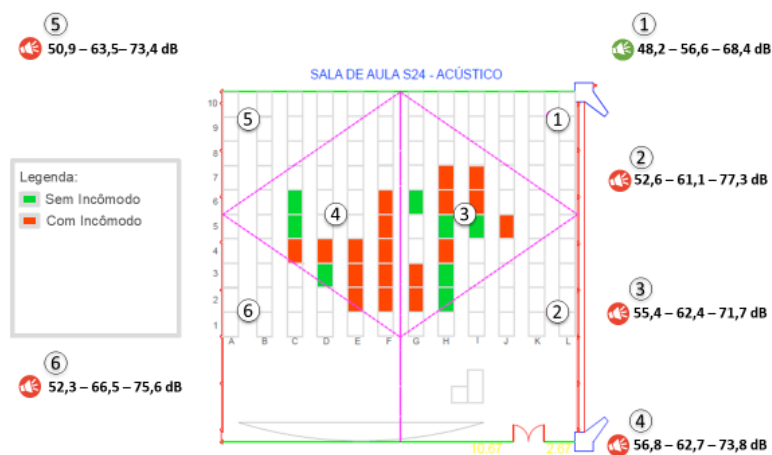
## 6.1.6 SALA S24

Figura 59 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Térmico



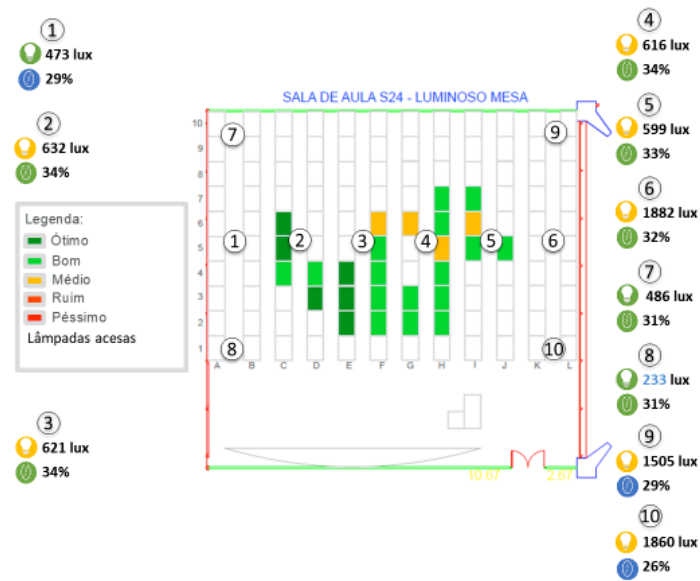
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 60 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Acústico



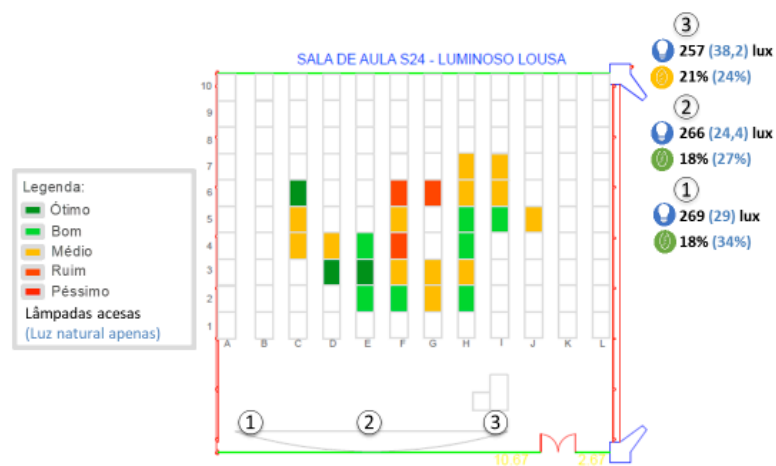
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 61 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

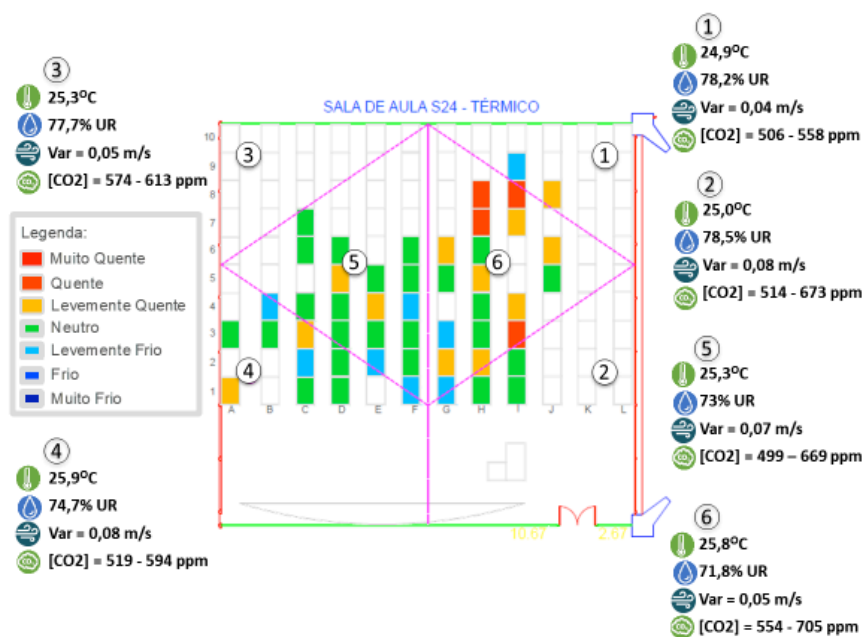
Figura 62 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 1ª medição – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

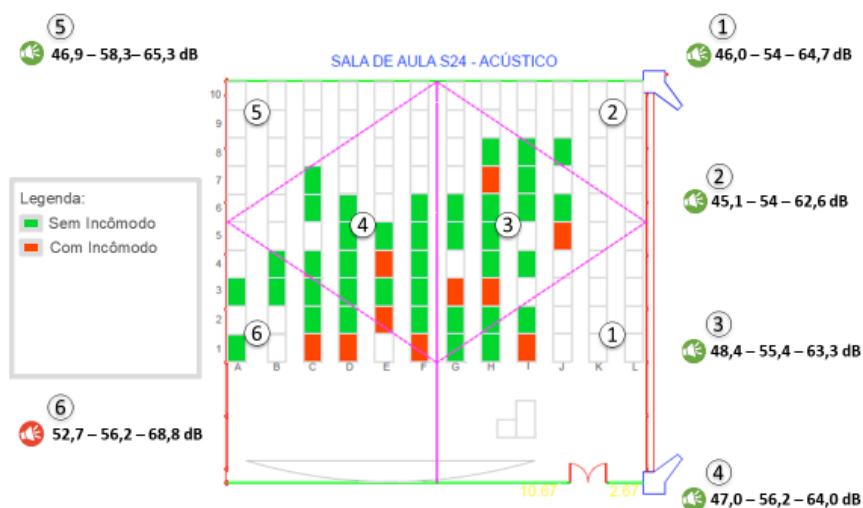


Figura 63 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Térmico



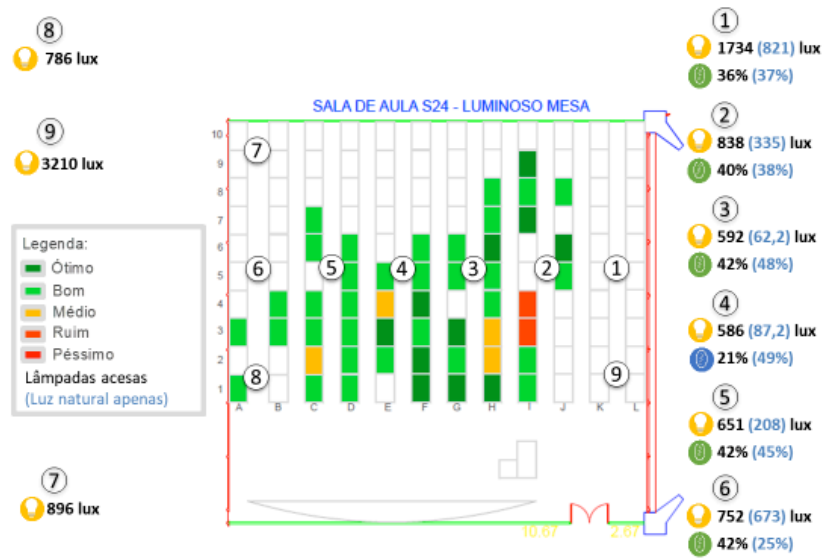
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 64 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Acústico



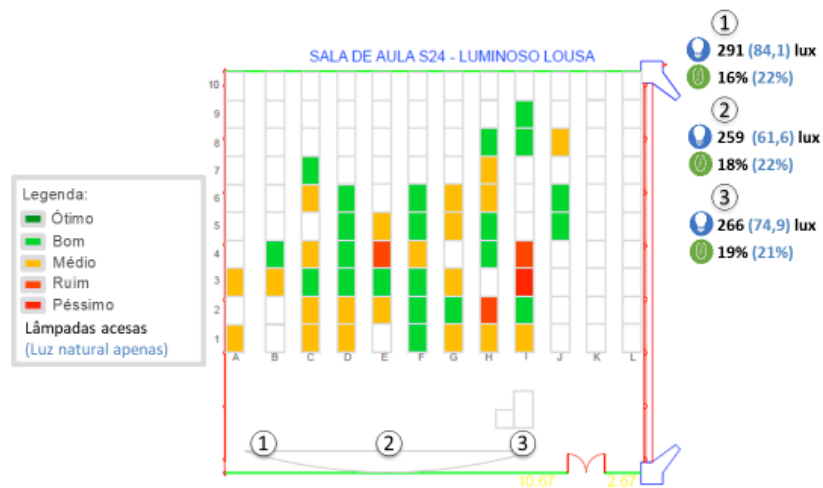
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 65 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 66 - Mapas de sensações dos usuários e medições S24 – 2ª medição – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 22 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S24

Sala S24		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	24,9 – 26,1 – 25,9 °C	24,9 – 25,4 – 25,9 °C
	Umidade Relativa	39,5 – 41,6 – 42,6 %	71,08 – 75,7 – 77,74 %
	Velocidade do ar*	0,05 – 0,06 – 0,08 m/s	0,14 – 0,15 – 0,16 m/s
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	838 – 980 – 1144 ppm	499 – 554 – 705 ppm
Luminoso	Iluminância da lousa	257 – 269 lux	259 – 291 lux
	Refletância da lousa	18 – 21 %	16 – 19 %
	Iluminância das carteiras	473 – 1882 lux	586 – 1734 lux
	Refletância das carteiras	29 – 34 %	21 – 42 %
Acústico	Intensidade sonora	52,7 – 73,4 dB	46,7 – 64,9 dB

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 23 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S24

Sala S24	Observações das Medições	
Descrição	<p>Terça-feira, 14/09/2017</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Algumas janelas abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado;</p>	<p>Quarta-feira, 22/11/2017</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Algumas janelas abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Tempo nublado no início, mas com céu claro durante a aula;</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	A concentração de CO <sub>2</sub> na sala é alta, acima da norma e crescente no decorrer da duração da aula (poucas janelas abertas);	<p>A umidade relativa está acima da norma, apesar de não ter chovido antes da aula;</p> <p>Concentração de CO<sub>2</sub> estável e dentro da norma (mais janelas abertas);</p>
Luminoso	A lousa apresenta iluminância acima da norma, deixando-a ligeiramente escura, e refletância próxima ao limite da norma, podendo gerar ofuscamento;	A lousa apresenta iluminância acima da norma, deixando-a ligeiramente escura;
Acústico	O valor de intensidade sonora está acima da norma, alcançando um valor 20 dB maior que o limite;	O valor de intensidade sonora permanece ligeiramente acima da norma;

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 24 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S24

Sala S24	Observações das Sensações dos Usuários	
Descrição	<p>Terça-feira, 14/09/2017</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Algumas janelas abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado;</p>	<p>Quarta-feira, 22/11/2017</p> <p>Horário: 9:20 – 11:00;</p> <p>Algumas janelas abertas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Todas as luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Tempo nublado no início, mas com céu claro durante a aula;</p>
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	<p>65% dos alunos usavam roupas de meia-estação e 31% de verão;</p> <p>58% consideraram o ambiente levemente neutro e 38% levemente quente/quente;</p> <p>O ambiente estava seco para 46% dos alunos;</p>	<p>73% dos alunos usavam roupas de meia-estação;</p> <p>51% consideraram o ambiente levemente neutro e 33% levemente quente/quente;</p> <p>O ambiente estava seco para 20% dos alunos, e úmido para 31%;</p>
Luminoso	<p>A luminosidade da mesa é boa/ótima para 78% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa para 27% dos alunos e média para 50%;</p> <p>A luminosidade da tela de projeção é boa/ótima para 50% dos alunos;</p>	<p>A luminosidade da mesa é boa/ótima para 73% dos alunos;</p> <p>A luminosidade da lousa é boa para 45% dos alunos;</p> <p>Poucas pessoas avaliaram luminosidade de projeção por não haver uso na aula;</p>
Acústico	69% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula;	79% dos alunos se incomodam com algum tipo de ruído durante a aula;

Psicologia Ambiental	85% dos alunos se sentiam bem/ótimos fisicamente;	77% dos alunos se sentiam bem/ótimos fisicamente;
	76% dos alunos se sentiam bem/ótimos emocionalmente e 4% se sentiam péssimos;	53% dos alunos se sentiam bem/ótimos emocionalmente, e 14% se sentiam mal;
	81% dos alunos se distraem durante a aula.	90% dos alunos se distraem durante a aula.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

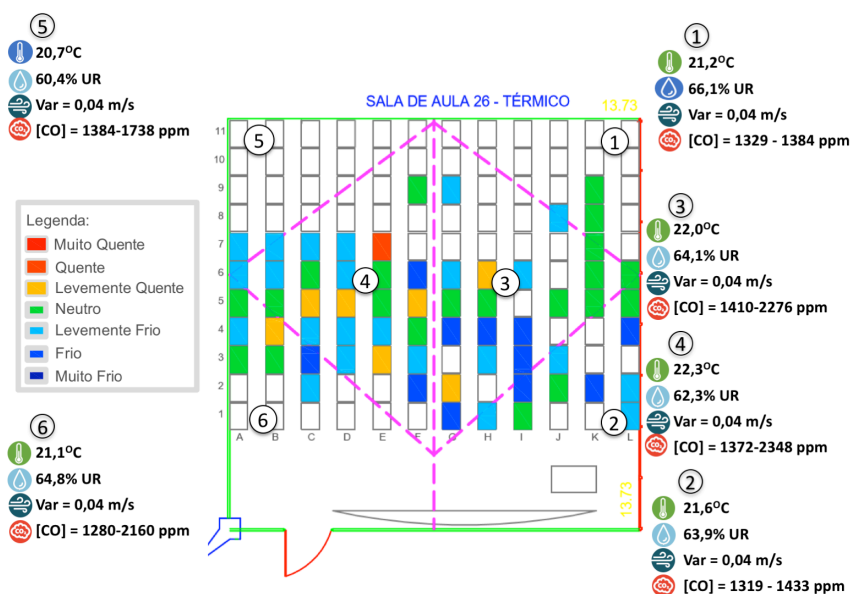
Na primeira medição a maioria dos pontos atendiam a temperatura indicada pela norma, salvo alguns pontos próximos às janelas. Pode-se perceber que próximo à janela dos pontos 5 e 6, as pessoas estão se sentindo mais desconfortáveis pelo calor, onde apresentam-se os maiores níveis de temperatura e iluminância. A sala apresenta uma alta concentração de CO<sub>2</sub>, mas ainda dentro do estipulado pela norma. Quanto a iluminância, os pontos próximos à janela que recebe a luz do sol no período da manhã (pontos 5 e 6), apresentaram alta iluminância e baixa refletância. A iluminância na lousa também é abaixo da norma e houve insatisfação de 62% dos alunos.

Na segunda medição, as temperaturas são próximas da primeira medição e todos os pontos atendem a norma. Pode-se notar uma redução de níveis de CO<sub>2</sub> na sala com a abertura de duas janelas, mas neste caso o maior motivo de distração dos alunos figurou como sendo o ritmo da aula e a didática do professor.

Os alunos se sentem mais confortáveis com a acústica da sala e a maioria dos pontos atende a norma. Da mesma forma que na primeira medição, os pontos próximos à janela que recebe a luz do sol no período da manhã, apresentaram alta iluminância e baixa refletância. A iluminância na lousa também é abaixo da norma e houve insatisfação de 62% dos alunos.

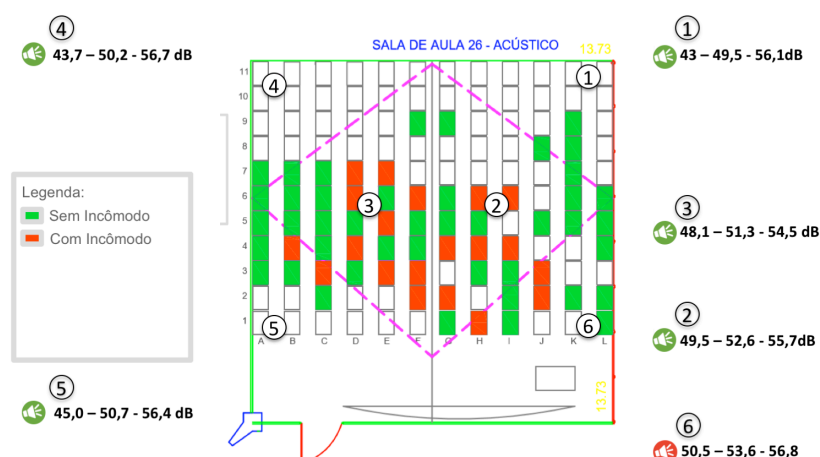
## 6.1.7 SALA S26

Figura 67 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 68 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 69 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Luminoso Mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 70 - Mapas de sensações dos usuários e medições S26 – Conforto Luminoso Lousa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



Tabela 25 - Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S26

Sala S26		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	20,7 – 21,5 – 22,3 °C	-
	Umidade Relativa	60,4 – 64,8 – 66,1 %	-
	Velocidade do ar*	0,04 m/s	-
	Concentração de CO <sub>2</sub> *	1280 – 1374 – 2348 ppm	-
Luminoso	Iluminância da lousa	234 – 239 lux	-
	Refletância da lousa	24 %	-
	Iluminância das carteiras	300 – 593 lux	-
	Refletância das carteiras	41 % - 46 %	-
Acústico	Intensidade sonora	43,0 – 56,8 dB	-

\* valores intermediários usados foram as medianas, nos demais, as médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 26 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala S26

Sala S26	Observações das Medições	
Descrição	<p>Terça -Feira, 22/08/2017;</p> <p>Horário: 15:46 – 16:30;</p> <p>Aula de exercícios;</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado.</p>	-
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	A concentração de CO2 na sala é alta, acima da recomendável pela norma e crescente no decorrer da duração da aula; A temperatura média está dentro do recomendável pela norma.	-
Luminoso	A iluminação das mesas da sala é boa, devido a iluminação natural proveniente das janelas, levemente acima da recomendável pela norma. A baixa iluminância na lousa acrescido da alta refletância gera ofuscamento.	-
Acústico	O valor de intensidade sonora está dentro dos limites normativos.	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 27 - Observações sobre sensações dos usuários durante medições da sala S26

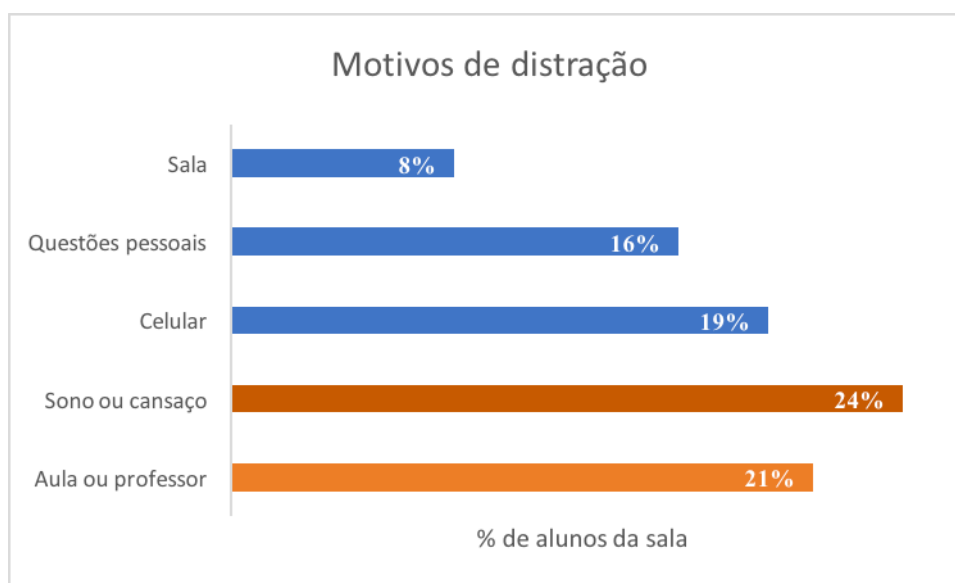
Sala S26	Observações das Sensações dos Usuários	
Descrição	<p>Terça-Feira, 22/08/2017;</p> <p>Horário: 15:46 – 16:30;</p> <p>Aula de exercícios</p> <p>Janelas fechadas;</p> <p>Porta aberta;</p> <p>Luzes acesas;</p> <p>Ar condicionado desligado;</p> <p>Céu nublado.</p>	-
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	54% dos alunos sentem o ar levemente frio ou muito frio. 94% dos alunos da sala está com roupa de inverno. Apenas 33% dos alunos estão confortáveis termicamente. 54% sentem frio.	-
Luminoso	79% dos alunos consideram o conforto luminoso da sala de projeção médio, ruim ou péssimo, enquanto 48% dos alunos diz que o conforto luminoso da lousa está médio ou inferior.	-
Acústico	68% diz que não se incomoda com ruído na sala de aula. Dos 32% que se incomodam, os alunos reclamam principalmente do barulho externo e dos corredores.	-
Psicologia Ambiental	A aula tinha muitos alunos presentes, alguns distraídos com equipamentos eletrônicos. A primeira metade da aula foi prática, e a segunda metade da aula foi de exercícios, e a aula ficou mais dinâmica. Na segunda metade, aplicou-se o questionário. 86% dos alunos relataram que se distraem durante a aula.	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Durante a primeira medição, a maioria dos alunos se sentiam desconfortáveis com a temperatura - cerca de 54% sentiam levemente frio ou frio. Pode-se notar que a maioria das temperaturas durante a medição atendiam a norma e a sala apresentava grande concentração de CO2 especialmente no meio da sala, onde havia um maior agrupamento de alunos. Neste caso, o maior motivo de distração na aula figurou como sendo o sono/cansaço (24% do total de alunos que se distraiam).

Em relação ao conforto acústico, alguns pontos da sala atendiam a norma; os que não atendiam se concentravam mais no meio da sala sendo o principal motivo os ruídos vindos do corredor e salas vizinhas. Já para o luminoso, parte dos alunos não se sentem confortáveis em relação a iluminância da lousa e pode-se notar que a área próxima a lousa não atende o mínimo desejável de iluminância.

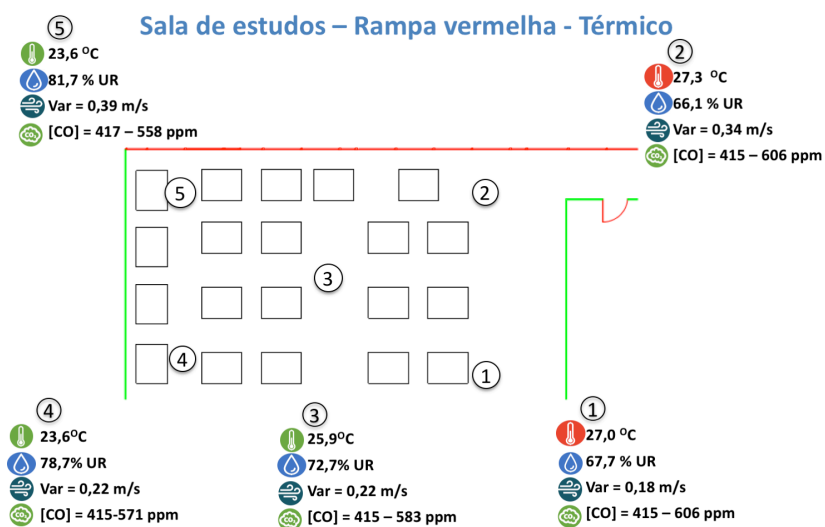
Figura 71 - Motivos de distração de atenção dos alunos - sala S26



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

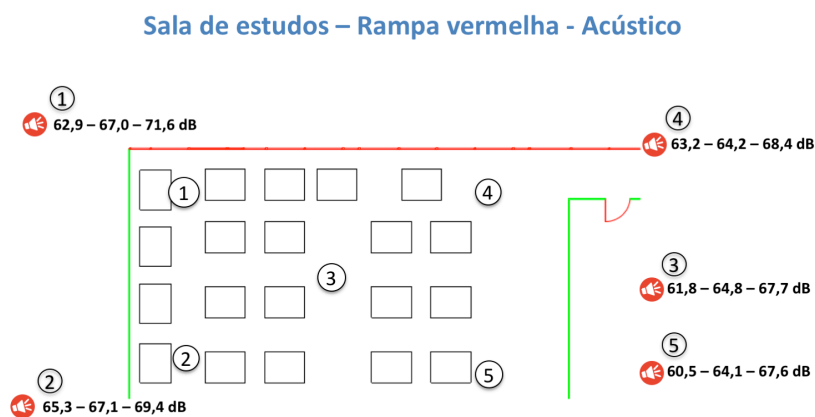
### 6.1.8 SALA DE ESTUDOS DA RAMPA VERMELHA

Figura 72 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Térmico



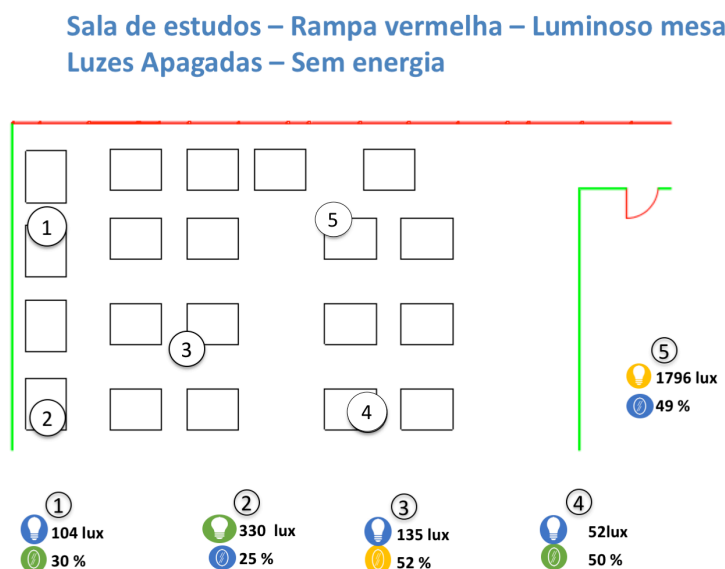
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 73 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Acústico



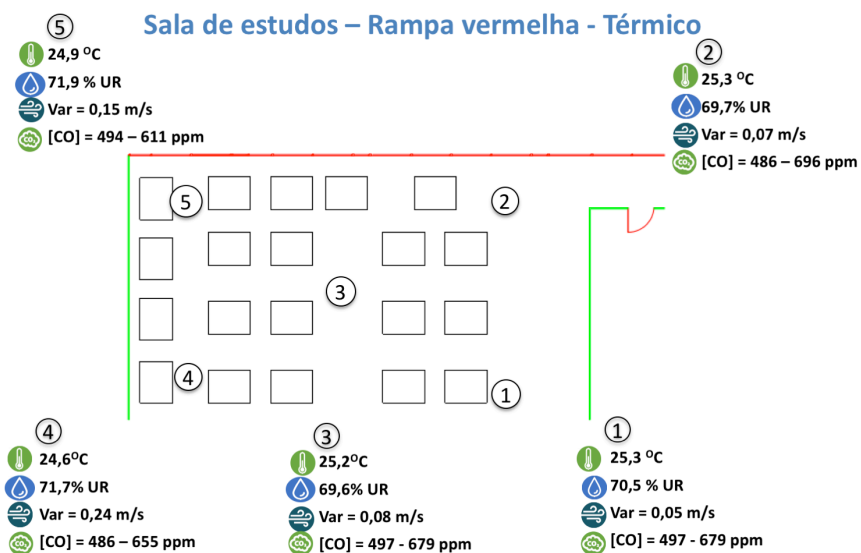
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 74 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Luminoso mesa



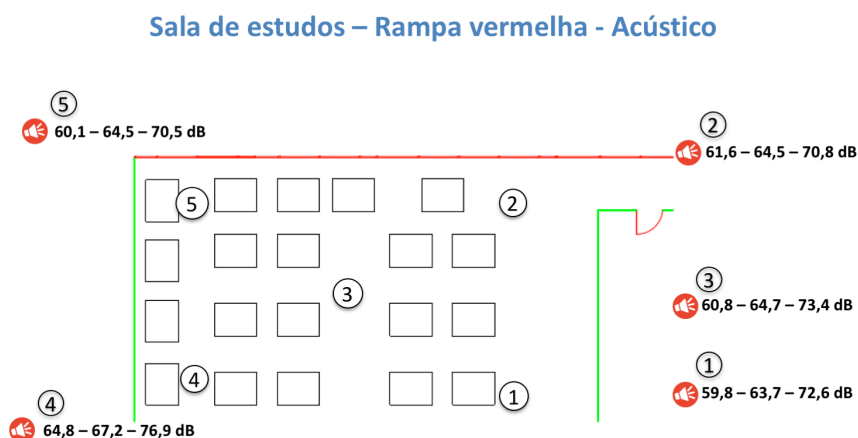
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 75 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 2ª medição – Conforto Térmico



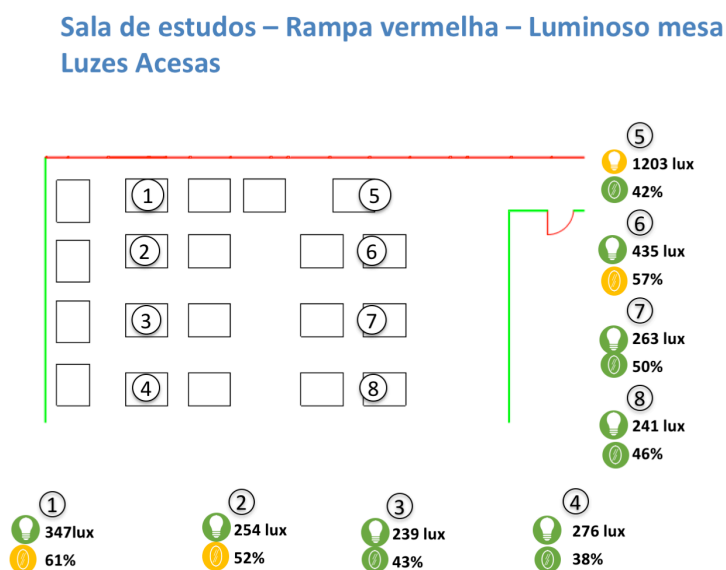
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 76 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 2ª medição – Conforto Acústico



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 77 - Mapas de medições Sala de Estudos Rampa Vermelha - 1ª medição – Conforto Luminoso mesa



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 28- Medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala de estudos da rampa vermelha

Corredor Rampa Vermelha		Dados	
Conforto	Medições	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	Temperatura de bulbo seco	23,1 – 25,5 – 27,4	24,3 - 25,2 – 25,4
	Umidade Relativa	65,6 – 72,7 – 82,8	68,6 - 70,8 – 72,4
	Velocidade do ar	0,05 – 0,25 - 2,08	0,04 – 0,08 – 1,6
	Concentração de CO <sub>2</sub>	415 – 432 - 606	486 – 499 - 696
Luminoso	Iluminância da lousa	-	-
	Refletância da lousa	-	-
	Iluminância das carteiras	52 – 483 - 1796	239 – 407 – 1203
	Refletância das carteiras	8% - 49% - 80%	42% - 48% - 61%
Acústico	Intensidade sonora	62,7dB – 65,4dB – 68,9dB	61,4dB – 64,9dB – 72,8dB

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



Tabela 29 - Observações sobre medições de conforto acústico, térmico e luminoso da sala de estudos da rampa vermelha

Corredor Rampa Vermelha	Observações das Medições	
Descrição	Data: 10/10/2017 Horário: 09h20min – 11h; Janelas fechadas; Tempo Chuvoso; Luzes apagadas – disjuntor desligado; Ar condicionado desligado; Céu nublado.	Quarta-Feira 22/11/2017; Horário: 09h40min 2 Janelas do fundo abertas; Porta fechada; Luzes acesas; Ar condicionado desligado; Céu nublado.
Conforto	1º Período: Agosto - Setembro	2º Período: Outubro - Novembro
Térmico	A temperatura média esteve dentro do recomendável pela norma, com alguns pontos levemente acima do recomendável. A umidade estava acima do recomendável por norma. O CO2 estava dentro do recomendável por norma. A velocidade do ar era bastante alta.	A temperatura média esteve dentro do recomendável pela norma. A umidade estava acima do recomendável por norma. O CO2 estava dentro do recomendável por norma. A velocidade do ar era bastante alta.
Luminoso	Baixa iluminação no plano da mesa, quando as luzes estão apagadas, somado a alta refletância nos pontos mais distantes da janela.	Iluminação no plano da mesa adequada, quando as luzes estão acesas. Nos pontos mais próximos à janela, a refletância esteve levemente alta.
Acústico	Ruído levemente acima do máximo limite permitido por norma.	Ruído levemente acima do máximo limite permitido por norma.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Na pesquisa online, os participantes elegeram as mesas do andar superior próximas à rampa vermelha, como o local mais utilizados para estudos, ainda que boa parte diga que não gosta de estudar no prédio. A realização das medições na dita sala de estudos da rampa vermelha, que, na realidade é um corredor de passagem dos alunos, foi feita somente para comprovar a inadequação quanto a todos os tipos de conforto.

## 6.2 CONFORTO TÉRMICO

### 6.2.1 TÉRMICO: NBR 16401

A seguir apresentam-se os valores médios de temperatura de bulbo seco e umidade relativa medidos nos pontos e os valores correspondentes de umidade em gramas de vapor por quilograma de ar seco, encontrados em um diagrama psicrométrico relativo à cidade de São Paulo.

Tabela 30 - Valores médios de temperatura de bulbo seco nos pontos de medição

		Temperatura de bulbo seco (°C)						
	Sala/Ponto	1	2	3	4	5	6	média
Agosto / Setembro	S01	19,8	20,6	21,5	22,2	22,2		21,3
	S04	18,8	19,3	19,5	19,4	19,1	19,8	19,3
	S14	24,6	24,9	25,5	25,4	25,4		25,2
	S19	19,4	20,0	20,2	20,6	21,0		20,2
	S24	26,0	26,1	25,9	26,0	26,3	26,1	26,1
	S26	21,2	21,6	22,0	22,3	20,7	21,1	21,5
Outubro / Novembro	S01	22,9	22,1	21,5	22,2	22,2		22,2
	S03	22,9	23,6	23,9	24,0	23,9		23,7
	S04	20,8	21,4	22,3	23,0	22,6	23,2	22,2
	S14	24,3	24,7	25,1	24,5	24,7		24,7
	S19	21,2	21,2	21,0	21,5	21,7		21,3
	S24	24,9	25,0	25,3	25,9	25,3	25,8	25,4

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 31 - Valores médios de umidade relativa (%) nos pontos de medição

	Sala/Ponto	Umidade Relativa (%)						média
		1	2	3	4	5	6	
Agosto / Setembro	S01	67,6	66,0	64,6	63,5	63,9		65%
	S04	74,3	74,9	71,6	70,9	71,4	71,4	72%
	S14	48,8	49,2	49,8	52,6	52,1		51%
	S19	69,8	70,2	70,5	70,2	69,8		70%
	S24	42,6	41,5	40,6	40,4	39,7	39,5	41%
	S26	66,1	63,9	64,1	62,3	60,4	64,8	64%
Outubro / Novembro	S01	73,5	64,6	72,1	63,5	63,9		68%
	S03	77,4	75,4	73,8	73,5	73,7		75%
	S04	68,8	68,4	66,7	64,3	62,2	62,4	65%
	S14	73,9	75,2	74,4	77,5	77,8		76%
	S19	66,5	66,8	66,6	64,3	64,8		66%
	S24	77,3	77,7	76,7	75,2	72,1	71,1	75%

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 32 - Valores médios de umidade (g de vapor/kg de ar seco) nos pontos de medição

	Sala/Ponto	Umidade (g de vapor/kg de ar seco)					
		1	2	3	4	5	6
Agosto / Setembro	S01	10,8	10,8	13,2	11,5	11,8	
	S04	11,1	11,5	11,0	10,9	10,8	11,1
	S14	10,2	10,8	11,0	11,3	11,3	
	S19	10,6	11,0	11,0	11,3	11,7	
	S24	9,6	9,5	9,3	9,2	9,2	9,0
	S26	11,2	11,2	11,5	11,4	10,0	11,0
Outubro / Novembro	S01	14,0	12,8	12,3	11,6	11,8	
	S03	15,0	15,2	15,0	15,0	15,0	
	S04	11,3	11,8	12,0	12,5	12,0	12,0
	S14	15,2	16,0	16,1	16,1	16,3	
	S19	11,3	11,3	11,2	11,0	11,3	
	S24	16,7	16,9	17,6	17,0	16,3	16,2

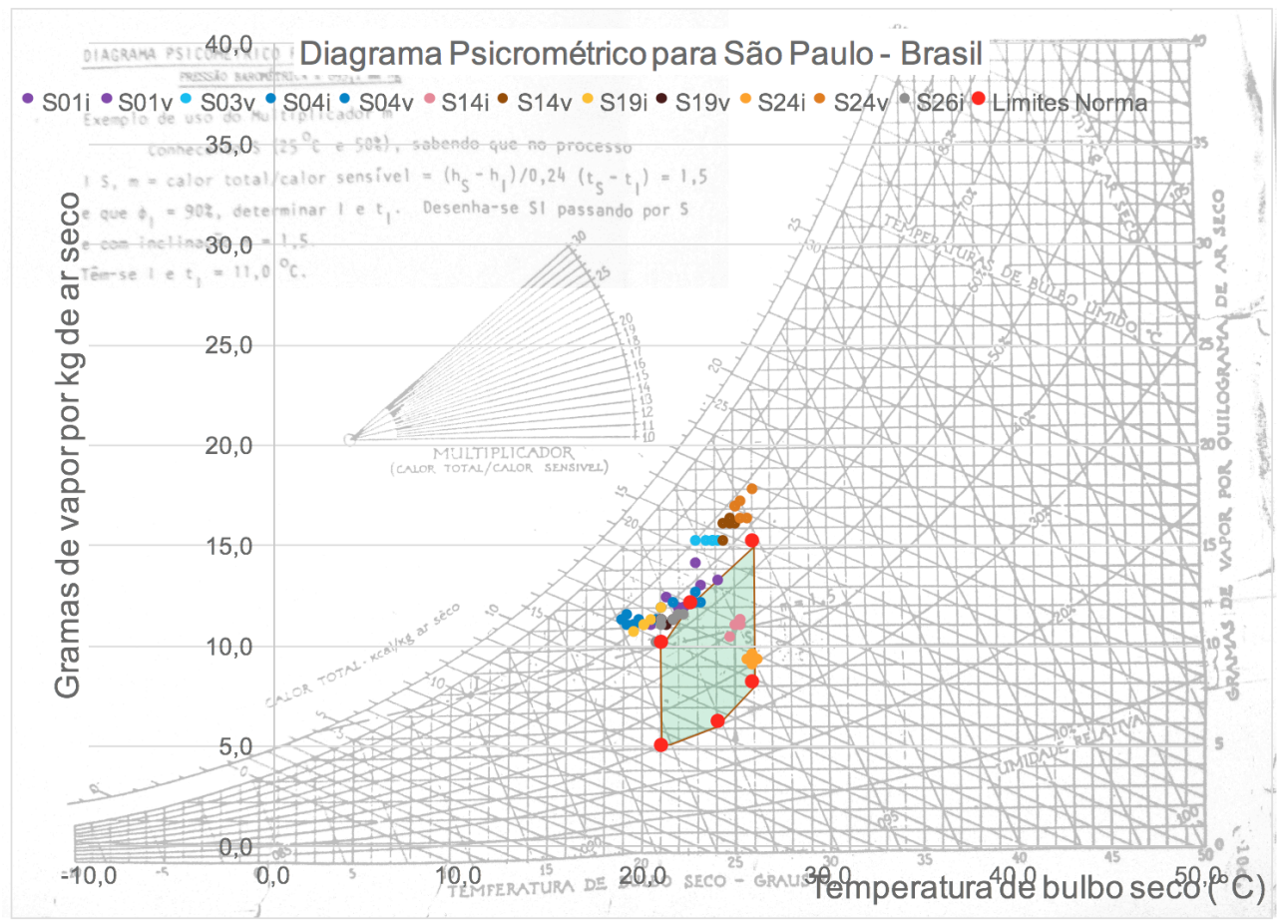
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 33 - Limites de temperatura e umidade da NBR16401

	Norma							
	Inverno				Verão			
	Mín		Máx		Mín		Máx	
Temperatura de bulbo seco (°C)	21	21	24	24	22,5	22,5	26	26
Umidade Relativa (%)	30	60	30	60	35	65	35	65
Umidade Absoluta (g)	5	12	6	-	-	12	8	15

Fonte: Adaptado de NBR16401

Figura 78 - Diagrama Psicrométrico para São Paulo - Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Breve análise:

- Considerando umidade e temperatura ao mesmo tempo, são poucas as salas que se mantêm dentro da zona de conforto elegida pelas normas;
- S24 e S14 nas primeiras medições são as duas com maior número de pontos dentro;
- Esse resultado certamente foi afetado pelo período chuvoso pego durante as medições dos quatro meses;
- Outro ponto que é importante de se notar é que não foram feitas medições com clima típico de verão, por conta da disponibilidade de equipamentos, necessidade de agendamento das medições com os professores e por causa do clima atípico;
- Desta forma, ressalta-se que não se pode avaliar a influência do calor extremo e do uso de ar condicionado.

### 6.2.2 UMIDADE SOMENTE: NBR 16401

Abaixo se encontram os valores médios relativos a cada sala mensurada:

Tabela 34 - Valores médios de umidade relativa (%) por sala

	Sala	UR %
Agosto / Setembro	S01	65,5%
	S04	73,2%
	S14	51,2%
	S19	70,0%
	S24	41,6%
	S26	63,6%
Outubro / Novembro	S01	67,3%
	S03	74,8%
	S04	65,4%
	S14	75,8%
	S19	65,8%
	S24	75,7%

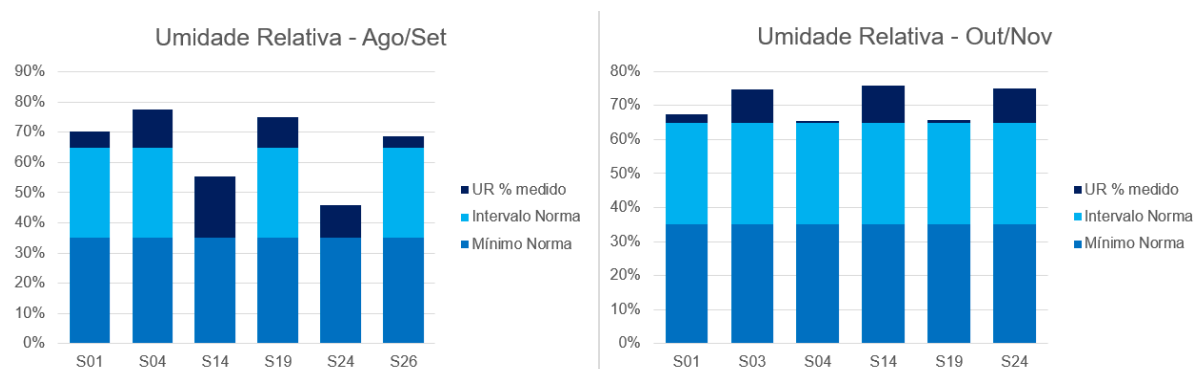
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 35 - Valores mínimos e máximos permitidos pela norma NBR16401

	Mínimo Norma	Máximo Norma
Inverno	30%	60%
Verão	35%	65%

Fonte: Adaptado de NBR16401

Figura 79 - Umidade relativa medida por sala e valores limites da NBR16401



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Breve análise:

- Apesar de poucas salas estarem dentro do intervalo da norma em relação à umidade relativa (principalmente durante as últimas medições), 71% dos alunos estão satisfeitos com a umidade nas salas.

### 6.2.3 ANÁLISE DE SATISFAÇÃO TÉRMICA POR FANGER

Para a análise por Fanger, seguiu-se os seguintes passos:

1. Verificar a proximidade da temperatura radiante média com a temperatura de bulbo seco medida;
2. Calcular clo médio da sala;
3. Calcular ponto a ponto a satisfação dos usuários, considerando metabolismo de 58,2W/m<sup>2</sup> e a tabela de voto médio correspondente;

Como um exemplo, apresenta-se a os passos 1 e 2 da sala S04 na medição de Novembro:

Tabela 36 - Temperatura radiante a partir de medições no ponto 5 da sala S04

Sala	4	Ponto	5
Tglobo	22,5		
Tar	22,63		
Var	0,08		
Tradiante	22,43	°C	

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 37 - Clos e vestimentas de cada grupo da sala S04

	Clos		Alunos	
	Masculino	Feminino	Homens	Mulheres
Verão	0,23	0,31	3	0
Meia Estação	0,52	0,61	44	8
Inverno	1,07	1,07	6	7
	42,36			
Média da sala	0,62			

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Os valores de clo considerados foram calculados de acordo com a tabela de Fanger e as vestimentas usuais de cada grupo. A seguir, um resumo dos votos médios e das satisfações das salas:

Tabela 38 - S01 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	19,8	20,7	21,5	22,2	22,3
Velocidade (m/s)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Voto médio	-1,19	-0,93	-0,67	-0,47	-0,45
Grau de insatisfação (%)	34,99	23,11	14,57	9,58	9,29

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 39 - S04 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura média (°C)	18,8	19,3	19,5	19,4	19,1	19,8
Velocidade (m/s)	0,16	0,24	0,09	0,12	0,14	0,1
Voto médio	-1,75	-1,81	-1,33	-1,42	-1,60	-1,24
Grau de insatisfação (%)	64,19	67,32	41,84	46,76	56,54	37,44

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 40 - S14 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	24,6	24,9	25,5	25,4	25,4
Velocidade (m/s)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Voto médio	-0,56	-0,43	-0,22	-0,25	-0,26
Grau de insatisfação (%)	11,54	8,90	5,96	6,31	6,36

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)



Tabela 41 - S19 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	19,4	20,0	20,2	20,5	21,5
Velocidade (m/s)	0,03	0,035	0,03	0,03	0,04
Voto médio	-0,96	-0,80	-0,75	-0,64	-0,38
Grau de insatisfação (%)	24,49	18,48	16,72	13,63	8,07

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 42 - S24 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura média (°C)	26,0	26,1	25,9	26,0	26,3	26,1
Velocidade (m/s)	0,06	0,075	0,07	0,06	0,05	0,06
Voto médio	-0,01	0,01	-0,05	-0,01	0,09	0,01
Grau de insatisfação (%)	5,00	5,00	5,05	5,00	5,18	5,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 43 - S26 Ago/Set – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura média (°C)	21,2	21,6	22,0	22,3	20,7	21,1
Velocidade (m/s)	0,06	0,075	0,07	0,06	0,05	0,06
Voto médio	-0,46	-0,35	-0,24	-0,17	-0,61	-0,49
Grau de insatisfação (%)	9,42	7,58	6,24	5,59	12,74	9,98

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 44 - S01 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	22,9	22,1	21,5	22,2	22,2
Velocidade (m/s)	0,07	0,04	0,03	0,04	0,04
Voto médio	-0,93	-1,22	-1,45	-1,19	-1,17
Grau de insatisfação (%)	23,15	36,27	47,99	34,86	33,73

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 45 - S03 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	22,9	23,6	23,8	23,9	23,9
Velocidade (m/s)	0,11	0,04	0,05	0,04	0,05
Voto médio	-1,02	-0,74	-0,65	-0,61	-0,63
Grau de insatisfação (%)	27,15	16,64	13,83	12,71	13,38

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 46 - S04 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura média (°C)	20,8	21,4	22,3	23,0	22,6	23,2
Velocidade (m/s)	0,08	0,05	0,04	0,08	0,08	0,05
Voto médio	-1,55	-1,34	-1,03	-0,79	-0,92	-0,72
Grau de insatisfação (%)	53,85	42,55	27,34	18,16	22,87	15,91

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 47 - S14 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	24,3	24,7	25,1	24,5	24,7
Velocidade (m/s)	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
Voto médio	-0,56	-0,42	-0,26	-0,48	-0,39
Grau de insatisfação (%)	11,65	8,70	6,41	9,84	8,19

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 48 - S19 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos				
	1	2	3	4	5
Temperatura média (°C)	21,2	21,2	21,0	21,5	21,7
Velocidade (m/s)	0,06	0,05	0,16	0,06	0,04
Voto médio	-1,04	-1,06	-1,34	-0,95	-0,90
Grau de insatisfação (%)	28,02	28,80	42,56	23,87	21,99

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 49 - S24 Out/Nov – Voto médio e grau de insatisfação da sala

	Pontos					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura média (°C)	24,9	25,0	25,3	25,9	25,4	25,8
Velocidade (m/s)	0,04	0,08	0,06	0,08	0,07	0,05
Voto médio	-0,41	-0,37	-0,26	-0,03	-0,22	-0,06
Grau de insatisfação (%)	8,51	7,88	6,37	5,01	5,99	5,09

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

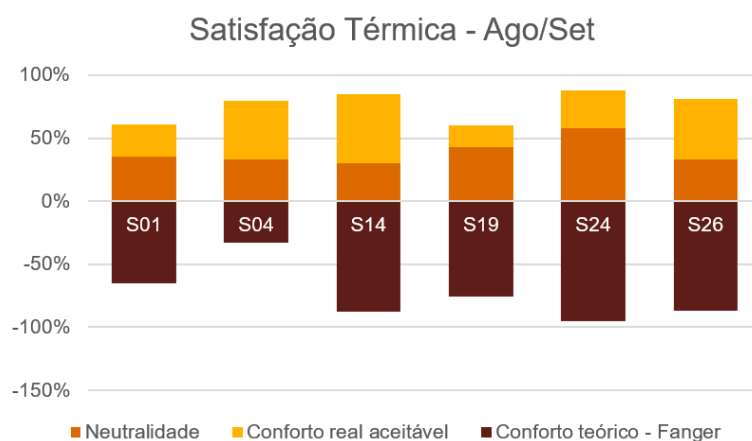
A análise de Fanger leva em consideração os usuários e suas condições de atividade metabólica e de vestimenta. Neutralidade corresponde a todos os respondentes que disseram se sentir termicamente neutros. Conforto real aceitável corresponde a todos os alunos que responderam estar neutros, levemente quente ou levemente frio no quesito conforto térmico. O conforto teórico é o calculado com as considerações da teoria de Fanger, sendo que na tabela abaixo estão dispostos apenas o pior ponto de cada sala.

Tabela 50 - Pontos de conforto teórico mais desfavorável, segundo Fanger, por sala por medição

Salas		Neutralidade	Conforto real aceitável	Conforto teórico - Fanger
Agosto / Setembro	S01	35%	61%	65%
	S04	33%	80%	33%
	S14	30%	85%	88%
	S19	43%	60%	76%
	S24	58%	88%	95%
	S26	33%	81%	87%
Outubro / Novembro	S01	33%	88%	52%
	S03	60%	80%	73%
	S04	49%	93%	46%
	S14	34%	79%	88%
	S19	30%	96%	57%
	S24	51%	92%	91%

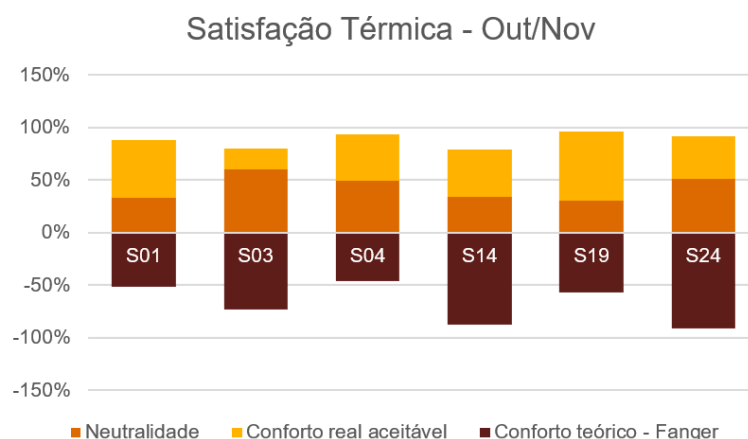
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 80 - Satisfação Térmica – grupos de 1ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 81 - Satisfação Térmica – grupos de 2ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

#### Breve análise:

- Nas primeiras medições, as salas obedecem à análise por Fanger, exceto S04, que, por ser muito grande, ninguém senta no local com menor satisfação como indicado;
- Na sala S04, o vento causou a menor satisfação dos cálculos;
- No geral, as pessoas procuram os locais mais agradáveis (longe das janelas no frio e próximo delas no calor);
- Durante as últimas medições, a correlação entre Fanger e o real não é tão boa quanto nas primeiras, o que pode ser relacionado com outros fatores, como aulas de exercícios na S14 faz com que o metabolismo seja maior, aumentando a insatisfação pelo calor, na S19 o local com maior insatisfação não tinha pessoas sentadas (corredor);
- Como as últimas medições não apresentaram temperaturas muito elevadas, as pessoas transmitiram um conforto maior;
- Parece que a abertura de janelas contribui para esse conforto com a circulação de ar, já que a falta de vento ou presença de muito vento foi menos reportada (de 61 para 53%);
- Se for considerada a satisfação de 80% dos respondentes como indicativo de adequação das salas, todas as salas medidas estariam dentro do aceitável nas últimas medições, mas apenas considerando os votos entre -1 e 1, nas primeiras medições, a S01 (com duas paredes de janelas) e a S19 (sala menor com menos gente) não passariam;

- Uma consideração importante é a da escolha dos melhores locais pelos alunos, o que maquia a adequação das salas pela análise das respostas dos questionários, uma vez que poucas salas possuem alta taxa de ocupação.

#### 6.2.3.1 CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub>: NBR 16401

Tabela 51 - Concentração de CO<sub>2</sub> por Sala

Sala/Ponto		Concentração de CO <sub>2</sub> (ppm)					
		1	2	3	4	5	6
Agosto / Setembro	S01	814,00	1000,00	1254,00	1449,00	1552,00	
	S04	594,00	568,00	593,00	606,00	539,00	584,00
	S14	877,00	1063,00	1303,00	1503,00	1559,00	
	S19	844,00	1055,00	1217,00	1386,00	1656,00	
	S24	874,00	904,00	1036,00	966,00	1038,00	998,00
	S26	1384,00	1356,00	1461,00	1391,00	1557,00	1280,00
Outubro / Novembro	S01	594,00	636,00	1256,00	1449,00	1559,00	
	S03	572,00	666,00	677,00	621,00	636,00	
	S04	660,00	716,00	727,00	787,00	696,00	755,00
	S14	854,00	824,00	858,00	947,00	921,00	
	S19	602,00	608,00	677,00	560,00	620,00	
	S24	558,00	673,00	613,00	594,00	669,00	705,00

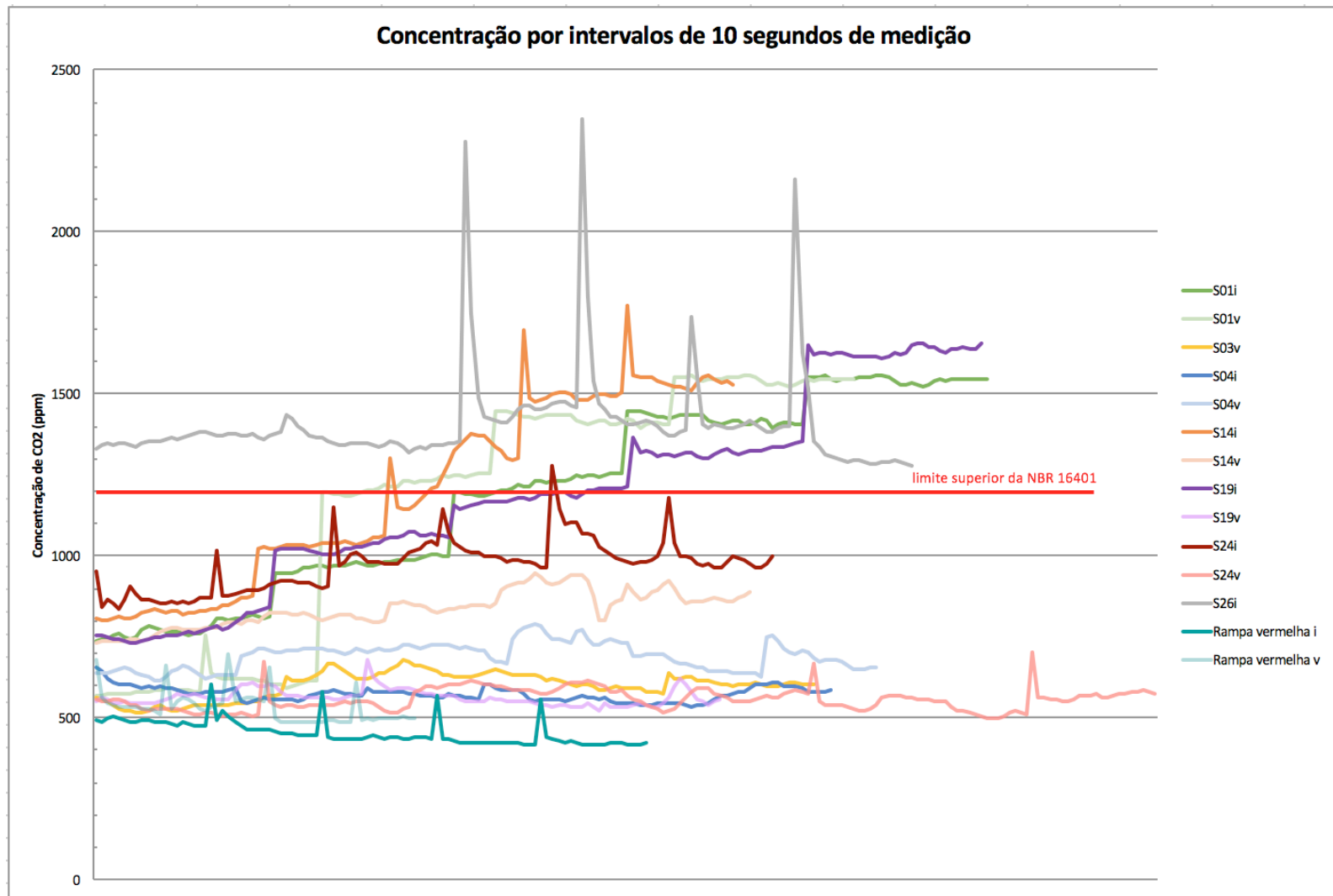
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Foram plotados nos gráficos abaixo os valores medidos nos pontos, sendo que as medições realizadas entre agosto e setembro estão identificadas com a letra “i” e as realizadas entre Outubro e Novembro com a letra “v”.

Os valores considerados como limites da norma foram:

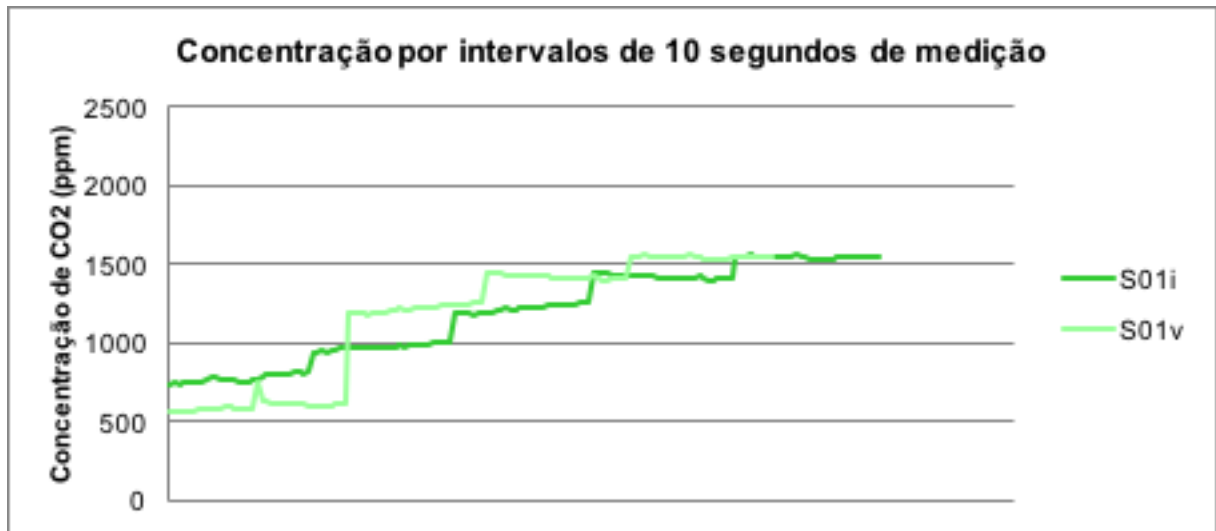
- Aceitável interno = concentração externa + 700ppm (em geral acima de 1000 é problemático);
- Considerou-se a concentração externa como 500 ppm para todos por motivo de comparação, mas ela varia entre 300 e 500 ppm.

Figura 82 – Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição



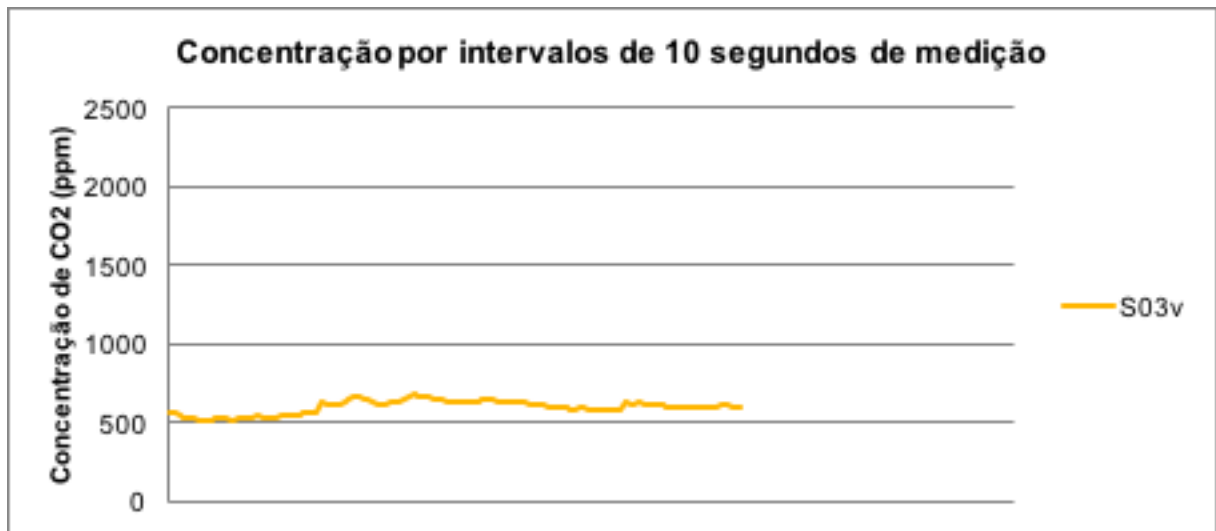
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 83 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S01



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

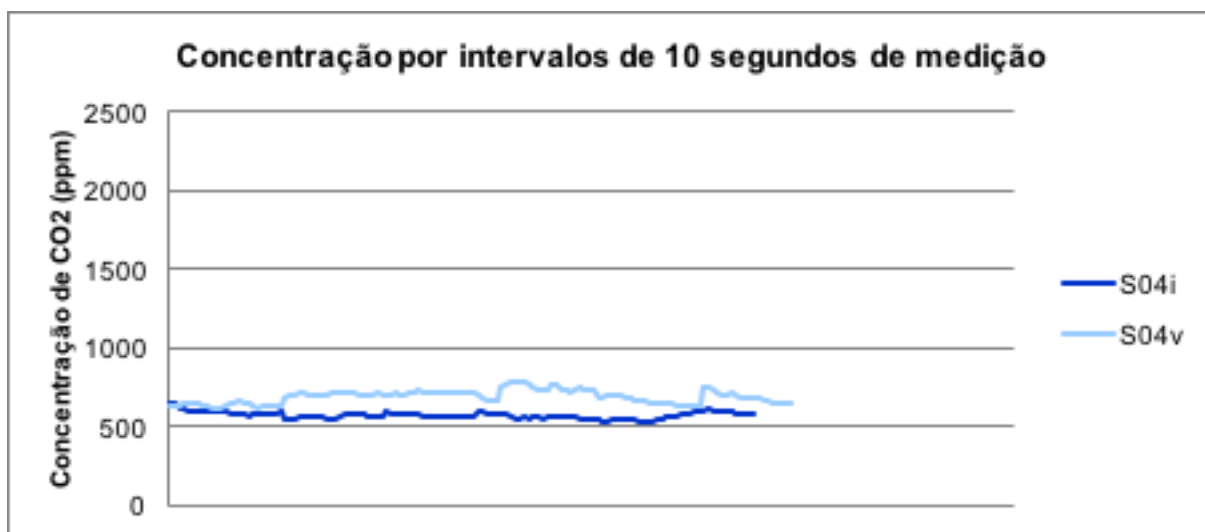
Figura 84 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S03



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

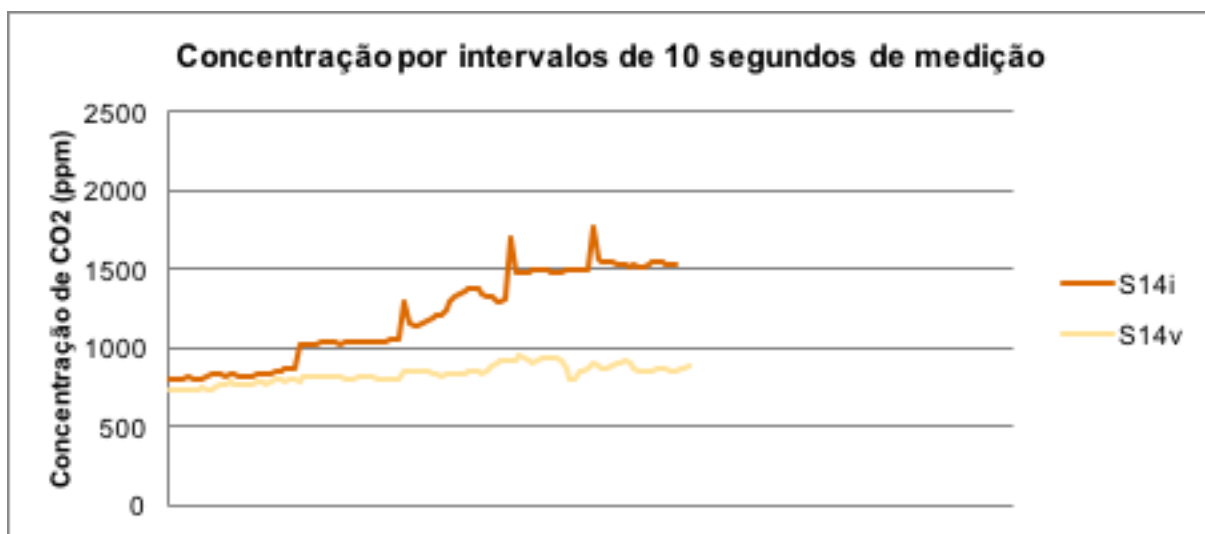


Figura 85 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S04



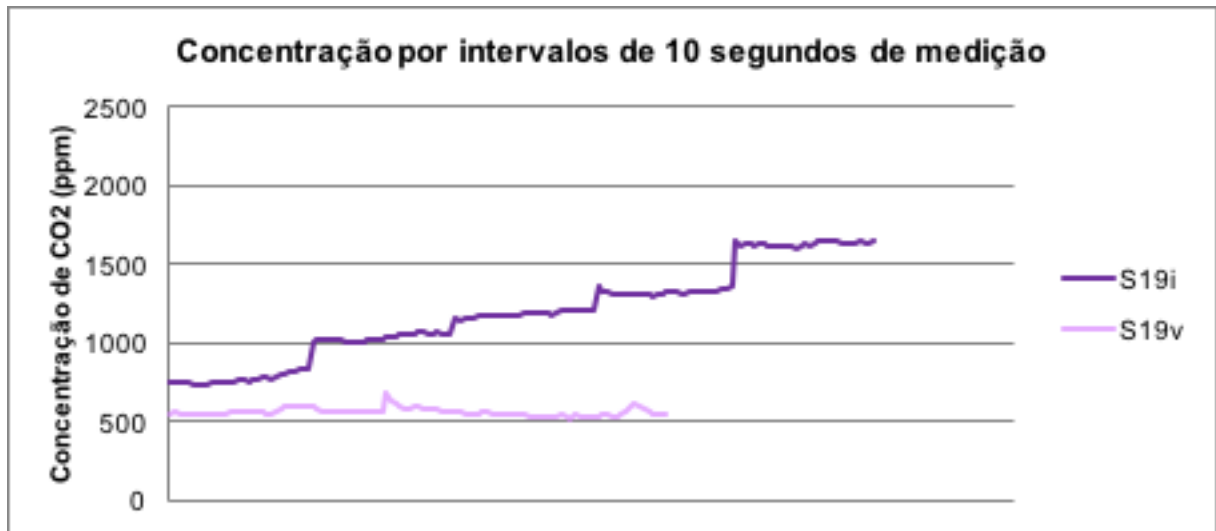
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 86 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S14



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 87 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S19



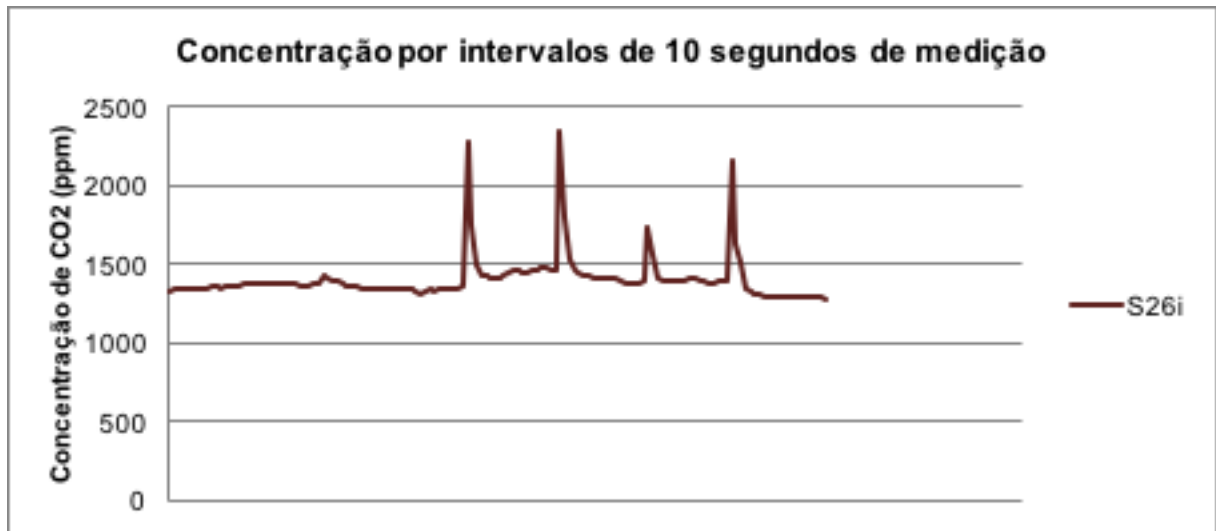
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 88 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S24



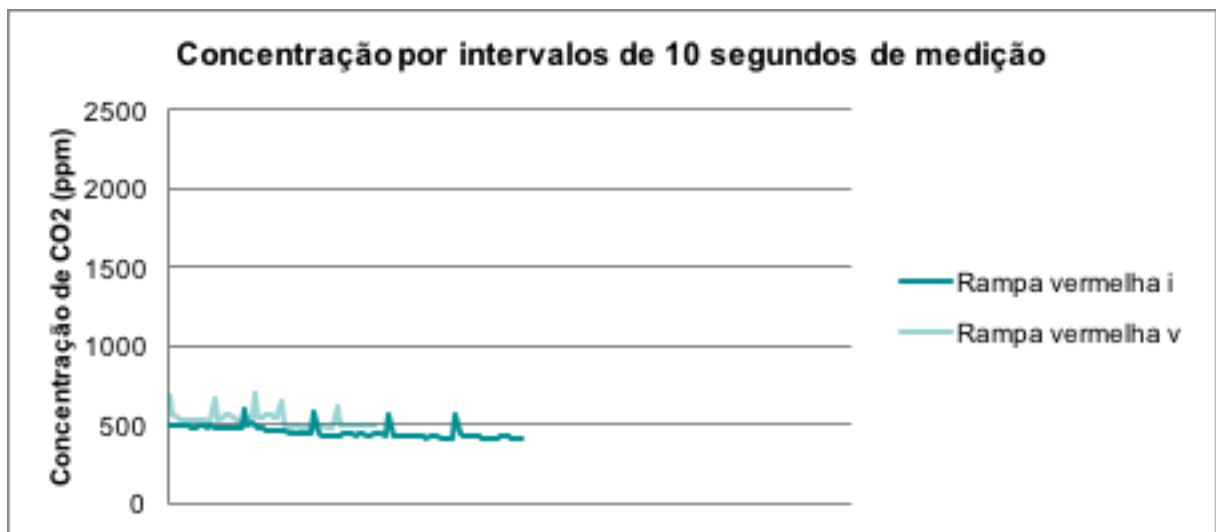
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 89 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - S26



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 90 - Concentração de CO2 por intervalos de 10 segundos de medição - Rampa Vermelha



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Breve análise:

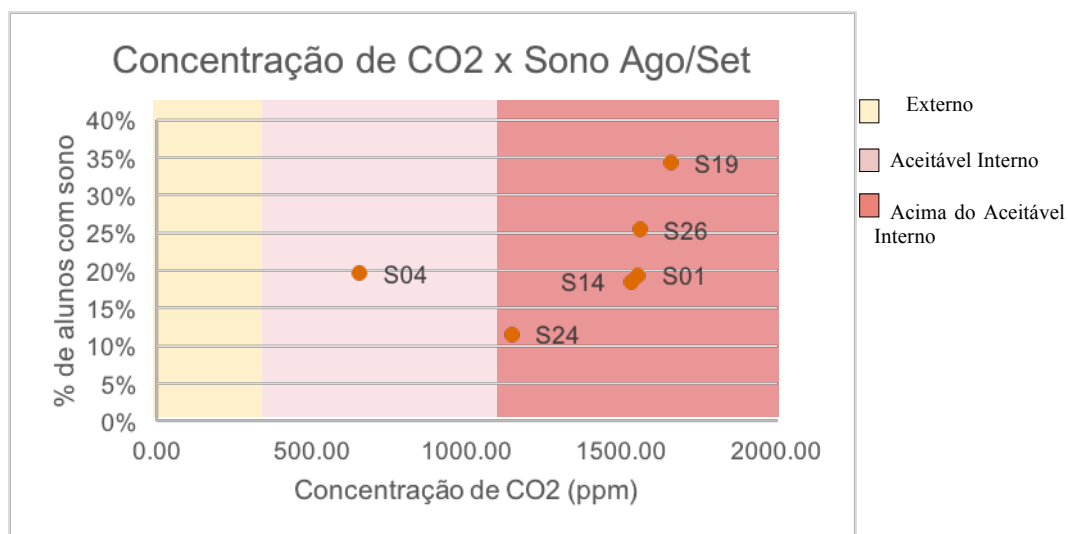
- As salas S26, S19 e S14 na primeira medição (com porta e janelas fechadas) e a S01 nas duas medições (porta e janelas fechadas na 1ª e uma janela aberta na 2ª) passaram do limite da norma;
- Em geral, as salas com porta e janelas fechadas tem crescimento expressivo da concentração de CO2 durante a aula;
- Existem pontos em que a concentração de CO2 é naturalmente maior por estar fora da trajetória comum do ar, notavelmente os pontos próximos ao local do professor, que fica longe de janelas e portas, porém com a abertura das portas e janelas a concentração diminui;
- Quando há só uma abertura, os pontos próximos a ela têm concentração menor, mas a concentração no lado oposto da sala é ainda alta, ex S01;
- Os picos vistos nos gráficos são referentes a períodos de adaptação à mudança de posicionamento do equipamento, bem como de eventos pontuais (ex. Curiosidade dos alunos).

Tabela 52 - Comparação do motivo de distrações e a concentração de CO2 nas salas

Sala		% de distraídos	% de alunos com sono	Concentração de CO2 máxima em local com alunos (ppm)
Agosto / Setembro	S01	74%	19%	1552,00
	S04	80%	20%	653,00
	S14	81%	19%	1528,00
	S19	86%	34%	1656,00
	S24	77%	12%	1143,00
	S26	86%	25%	1557,00
Outubro / Novembro	S01	79%	4%	1256,00
	S03	89%	14%	677,00
	S04	87%	12%	787,00
	S14	89%	43%	947,00
	S19	70%	19%	677,00
	S24	88%	18%	705,00

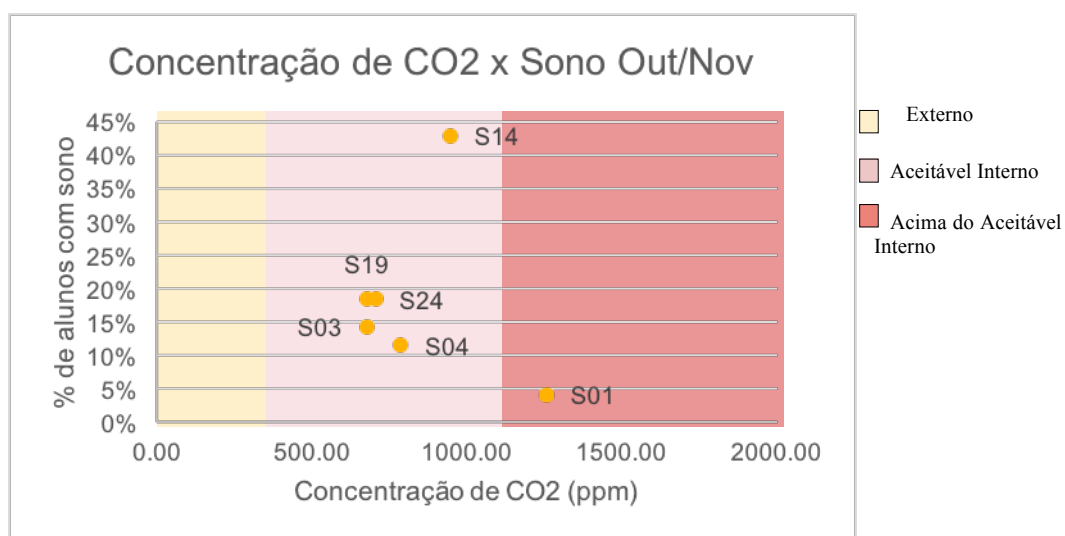
Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 91 - Concentração de CO2 por % de alunos com sono durante a 1ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 92- Concentração de CO2 por % de alunos com sono durante a 2ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Breve análise:

- Nas medições de agosto e setembro, percebe-se uma correlação entre as maiores taxas de gás carbônico e o sono relatado;

- Nas medições de outubro e novembro, não, porém o calor pode ser responsável pelo sono, ou até mesmo as aulas, já que a quantidade de pessoas distraídas é maior com o calor;
- Ainda assim, nas duas salas que continham as mesmas turmas com o mesmo professor (S01 e S19), as temperaturas eram similares e a diferença foi a abertura das janelas, sendo que a quantidade de CO<sub>2</sub> diminuiu, o mesmo acontecendo para os alunos com sono;
  - A aula da S14 em agosto e setembro durou 50 minutos por conta do laboratório, por isso acredita-se que a quantidade de pessoas com sono aumentou na 2ª medição (aula com 1 hora e 40 minutos), apesar da diminuição da concentração de CO<sub>2</sub>;
  - A sala S04 apresentou turmas e professores diferentes, ambas as vezes fora da média, na 1ª vez por serem alunos da FAU e na 2ª por serem alunos do 5º ano, das duas vezes a quantidade de reclamações sobre o professor/aula é dominante;
  - A sala S24 teve turmas e professores diferentes.

### 6.3 CONFORTO ACÚSTICO

#### 6.3.1.1 INTENSIDADE SONORA: NBR 10152

Para comparação do desempenho acústico foi realizada a média dos valores mínimos medidos em cada ponto da sala.

Figura 93 – Limites da intensidade sonora, segundo a NBR10152

Mínimo Norma	Máximo Norma
40 dB	50 dB

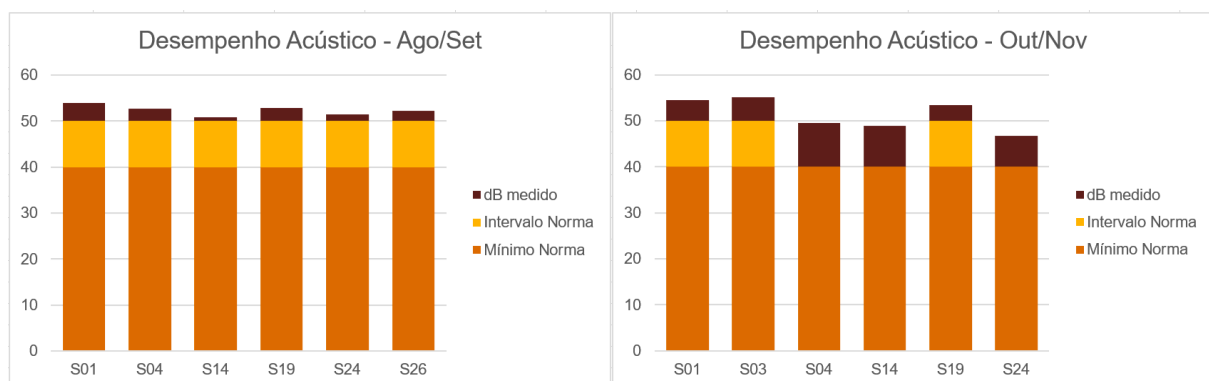
Fonte: Adaptado de NBR10152

Tabela 53 - Intensidade sonora mínima por sala

	Sala	dB	dB medido
Ago/Set	S01	53,97	3,97
	S04	52,70	2,70
	S14	50,77	0,77
	S19	52,77	2,77
	S24	51,43	1,43
	S26	52,20	2,20
Out/Nov	S01	54,43	4,43
	S03	55,11	5,11
	S04	49,55	9,55
	S14	48,89	8,89
	S19	53,36	3,36
	S24	46,70	6,70

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 94 - Desempenho acústico das salas – 1ª e 2ª medição



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

#### Breve análise:

- Nos meses de agosto e setembro, nenhuma das salas estavam dentro do intervalo da norma, o que pode ser devido ao fechamento de janelas, causando reverberação;
- Nos meses de outubro e novembro, os casos com janela aberta, mas sem ar condicionado ligado tiveram valores dentro do intervalo da norma;
- Locais próximos às portas são os piores em relação a barulho ambiente (sem fala durante a aula);

- Problemas pontuais e recorrentes: cortador de grama, carrinho de limpeza, conversas no corredor, salas ao lado;
- Problemas pontuais, mas não recorrentes: buzinas, helicópteros;
- Problemas intermitentes e recorrentes: ar condicionado;
- Problemas intermitentes e não recorrentes: obras.

## 6.4 CONFORTO LUMINOSO

### 6.4.1 ILUMINÂNCIA E REFLETÂNCIA: NBR 5413

Tabela 54 - Limites da iluminância e refletância, segundo norma NBR 5413

	Iluminância (lux):		Abaixo	Acima
	Mínimo	Máximo		
Sala	200	500		
Lousa	300	750		
	Refletância		Abaixo	Acima
	Mínimo	Máximo		
Mesa	30%	50%		
Lousa	0	20%		

Fonte: Adaptado de NBR10152

Como um exemplo de análise que foi feita, coloca-se a medição na sala S01 nos meses de Agosto/Setembro, as demais se encontram em anexo.

- P = perpendicular à janela;
- 1 - perpendicular à lousa, menos na S19, que são duas fileiras perpendiculares à janela;
- 2 - paralela à lousa;
- r – valor de iluminância refletido pela superfície em questão.



Tabela 55 - Análise da iluminância e refletância por sala, de acordo com a NBR 5413

Sala	Ponto	Iluminância (lux)		Refletância	
		Luz acesa	Luz apagada	Luz acesa	Luz apagada
S01	P1 - 1	420	37	32%	51%
S01	P1 - 1 r	132,5	19,04		
S01	P2 - 1	595	28,01	36%	57%
S01	P2 - 1 r	215	15,99		
S01	P3 - 1	553	28,8	30%	57%
S01	P3 - 1 r	165,1	16,54		
S01	P4- 1	568	23,4	37%	58%
S01	P4 - 1 r	210	13,68		
S01	P5 - 1	572	44,4	16%	38%
S01	P5 - 1 r	91,6	16,71		
S01	P1 - 2	294	44,4	31%	38%
S01	P1 - 2 r	91,6	16,71		
S01	P2 - 2	593	36,4	27%	59%
S01	P2 - 2 r	157,4	21,5		
S01	P3 - 2	540	27,1	28%	46%
S01	P3 - 2 r	152,9	12,38		
S01	P4 - 2	540	27,1	28%	46%
S01	P4 - 2 r	152,9	12,38		
S01	P5 - 2	337	28,9	34%	52%
S01	P5 - 2 r	116,2	14,97		
S01	Lousa 1 (e)	234	41	24%	17%
S01	Lousa 1 (e) r	57	7		
S01	Lousa 2 (m)	238	15,26	24%	33%
S01	Lousa 2 (m) r	57	5,1		
S01	Lousa 3 (d)	239	41	24%	17%
S01	Lousa 3 (d) r	57	7		
S01	Projeção	250	22	74%	68%
S01	Projeção r	184	15		

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Breve análise:

- No geral, as lousas têm pouca iluminância e muita refletância, o que confere com as reclamações dos alunos de dificuldade de enxergar por conta de falta de luz e ofuscamento;
- As mesas costumam ter boa iluminância e refletância;

- De qualquer forma, a análise com a folha sulfite demonstra que as mesas são muito refletoras, causando ofuscamento ocasional;
- As superfícies de projeção no geral são bastante refletentes, mas por vezes não conseguem chegar a taxa de 1:10 com o ambiente ao redor, por conta da claridade deste, prejudicando a visualização.

Sobre o valor de contraste com o objeto de trabalho, que o ideal pela norma seria 3:1, foi feita a comparação com uma folha de sulfite branca em uma das mesas da sala S04 na medição de novembro, que possuía valores de iluminância e refletância dentro dos propostos pela norma.

- Valor da iluminância incidente na carteira: 283 lux;
- Valor da iluminância refletida pela carteira: 97,3 lux;
- Refletância da carteira: 34%;
- Valor da iluminância refletida pela folha de sulfite: 166 lux;
- Contraste do sulfite com a carteira: 1,7:1.

Portanto, pode existir ofuscamento caso a folha utilizada seja branca, com alto índice de refletância.

## 6.5 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Como previsto na metodologia da Avaliação Pós Ocupação, foram passados questionários aos usuários enquanto eram realizadas as medições, de forma a quantificar a satisfação destes e relacionar com os dados técnicos encontrados.

Foram respondidos 464 questionários em 12 salas e os resultados quanto à satisfação térmica, acústica e lumínica estão apresentados a seguir:

Obs.: A pontuação atribuída é referente à colocação da sala em cada uma das satisfações, portanto, quanto menor a pontuação, mais satisfeitas as pessoas estão em relação à sala.

Tabela 56 - Análise dos questionários respondidos pelos alunos durante as medições.

Conforto	Aspecto	Salas											
		S01		S03	S04		S14		S19		S24		S26
		Ago/Set	Out/Nov	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/S
Pessoal	Satisfação dos usuários com o conforto térmico (neutro e levemente frio ou quente; ar seco, úmido ou neutro; vento	2	1	14	11	10	4	7	3	8	9	24	9
		6%	4%	40%	22%	15%	15%	25%	9%	30%	35%	49%	14%
		11	12	2	6	7	7	5	10	4	3	1	9
	Satisfação dos usuários com o conforto acústico	24	16	18	44	22	16	14	29	21	8	38	43
		77%	67%	51%	86%	32%	59%	50%	83%	78%	31%	78%	68%
		5	7	9	1	11	8	10	2	3	12	3	6
	Satisfação dos usuários com o conforto luminoso	6	6	12	16	13	8	9	11	12	7	12	12
		19%	25%	34%	31%	19%	30%	32%	31%	44%	27%	24%	19%
		10	8	2	4	10	6	3	4	1	7	9	10
	Satisfação dos usuários com os três confortos	1	0	2	3	1	0	2	0	2	1	4	3
		3%	0%	6%	6%	1%	0%	7%	0%	7%	4%	8%	5%
		8	10	4	4	9	10	2	10	2	7	1	6
	<b>TOTAL DE PONTOS</b>	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>14</b>	<b>31</b>
	Total de respondentes na sala	31	24	35	51	68	27	28	35	27	26	49	63

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Após isso, reuniram-se os resultados das medições dentro de seus escopos na tabela 57 e foram atribuídos pontos de acordo com o seguinte critério:

- Valores em negritos: dentro da norma respectiva;
- Pontuação para valor dentro da norma: 0;
- Pontuação para valor próximo da norma: 1;
- Pontuação para valor distante da norma: 2;
- Pontuação para valor muito distante da norma: 3;
- Total de pontos é a soma das posições nos confortos.

Tabela 57 - Análise dos questionários respondidos pelos alunos durante as medições para verificação do nível de satisfação da sala.

Conforto	Aspecto	Norma	Salas											
			S01		S03	S04		S14		S19		S24		S26
			Ago/Set	Out/Nov	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set
Térmico	Temperatura de bulbo seco (média da sala) (°C)	NBR 16401	<b>21,3</b>	<b>22,2</b>	<b>23,7</b>	19,3	<b>22,2</b>	<b>25,2</b>	<b>24,7</b>	20,2	<b>21,3</b>	<b>26,1</b>	<b>25,4</b>	<b>21,5</b>
			0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	Umidade Relativa (média da sala)	NBR 16401	65,5%	67,3%	74,8%	73,2%	65,4%	<b>51,2%</b>	75,8%	70,0%	65,8%	<b>41,6%</b>	75,7%	63,6%
			1	1	2	2	1	0	2	2	1	0	2	1
	Concentração de CO2 (pior valor da sala em posição com alunos) (ppm)	NBR 16401	1552	1256	<b>677</b>	<b>653</b>	<b>787</b>	1528	<b>947</b>	1656	<b>677</b>	<b>1143</b>	<b>705</b>	1557
	Subtotal dos votos		3	2	2	3	1	2	2	5	1	0	2	3
	Posição		9	4	4	9	2	4	4	12	2	1	4	9
Pessoal	Satisfação dos usuários com o conforto térmico (neutro e levemente frio ou quente; ar seco, úmido ou neutro; vento fraco ou médio; frio em nenhuma parte isolada)	Satisfação	6%	4%	40%	22%	15%	15%	25%	9%	30%	35%	49%	14%
		Posição	11	12	2	6	7	7	5	10	4	3	1	9
Acústico	Intensidade Sonora (média dos mínimos da sala) (dB)	NBR 10152	54,0	54,4	55,1	52,7	<b>49,6</b>	50,8	<b>48,9</b>	52,8	53,4	51,4	<b>46,7</b>	52,2
			1	1	2	1	0	1	0	1	1	1	0	1
	Subtotal dos votos		1	1	2	1	0	1	0	1	1	1	0	1
	Posição		4	4	12	4	1	4	1	4	4	4	1	4
Pessoal	Satisfação dos usuários com o conforto acústico	Satisfação	77%	67%	51%	86%	32%	59%	50%	83%	78%	31%	78%	68%
		Posição	5	7	9	1	11	8	10	2	3	12	3	6
Luminoso	Iluminância da lousa (mínimo e máximo) (lux)	NBR 5413	234 - 239	<b>340 - 436</b>	242 - 264	-	85 - 95	241 - <b>309</b>	234 - <b>330</b>	207 - 259	<b>288 - 353</b>	257 - 269	259 - 291	230 - 245
			2	0	2		3	1	1	2	1	2	2	2
	Iluminância da mesa, plano de trabalho (mínimo e máximo) (lux)	NBR 5414	<b>294 - 595</b>	<b>287 - 518</b>	<b>348 - 500</b>	-	<b>248 - 443</b>	<b>337 - 543</b>	<b>324 - 489</b>	<b>284 - 475</b>	<b>366 - 520</b>	<b>473 - 1882</b>	586 - 1734	<b>300 - 593</b>
			1	1	0		0	1	0	0	1	1	3	1
	Refletância da lousa (mínimo e máximo)	lesna	24%	<b>12%</b>	<b>14 - 19%</b>	-	<b>17 - 19%</b>	22 - 25%	<b>14 - 21%</b>	<b>18 - 24%</b>	<b>20 - 53%</b>	<b>18 - 21%</b>	<b>16 - 19%</b>	35%
			2	0	0		0	2	1	1	1	1	0	3
	Refletância da mesa, plano de trabalho (mínimo e máximo)	lesna	16 - <b>37%</b>	29 - 56%	25 - <b>36%</b>	-	28 - <b>48%</b>	<b>36 - 43%</b>	27 - <b>32%</b>	10 - <b>41%</b>	21 - <b>49%</b>	29 - <b>34%</b>	21 - <b>42%</b>	<b>34 - 43%</b>
			1	2	1		1	0	1	1	1	1	1	0
	Subtotal dos votos		6	3	3	-	4	4	3	4	4	5	6	6
	Posição		9	1	1	-	4	4	3	4	4	8	9	9
Pessoal	Satisfação dos usuários com o conforto luminoso	Satisfação	19%	25%	34%	31%	19%	30%	32%	31%	44%	27%	24%	19%
		Posição	10	8	2	4	10	6	3	4	1	7	9	10
Pessoal	Satisfação dos usuários com os três confortos	Satisfação	3%	0%	6%	6%	1%	0%	7%	0%	7%	4%	8%	5%
		Posição	8	10	4	4	9	10	2	10	2	7	1	6
TOTAL DE PONTOS			<b>22</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	-	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>22</b>
POSIÇÃO FINAL			10	3	8	-	1	5	2	9	4	6	7	10
Pessoal	Satisfação dos usuários total	Subtotal	<b>34</b>	<b>37</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>29</b>	<b>14</b>	<b>31</b>
		Posição	10	11	4	3	11	8	5	6	1	7	2	8

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Como resultado se tem os seguintes rankings de satisfação.

Tabela 58 - Ranking de satisfação das salas

Ranking	Sala	Pontuação pelas normas	Sala	Pontuação pela satisfação dos respondentes
1º	S04v	7	S19v	10
2º	S14v	8	S24v	14
3º	S01v	9	S04i	15
4º	S19v	10	S03v	17
5º	S14i	12	S14v	20
6º	S24i	13	S19i	26
7º	S24v	14	S24i	29
8º	S03v	17	S14v e S26i	31
9º	S19i	20		
10º	S01i e S26i	22	S01i	34
11º			S01v e S04v	37

Obs.: A letra “i” indica as medições realizadas entre Agosto e Setembro e a letra “v”, as medições entre Outubro e Novembro.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Breve análise:

- O resultado das satisfações dos alunos corresponde ao esperado pelo grupo, com as salas com menor número de pessoas e configuração diferente de carteiras em primeiro colocado, enquanto salas com grande número de carteiras, grande número de janelas ou nenhuma janela em último;
- Porém, o resultado das satisfações dos respondentes pouco se parece com o ranking pelas normas, o que pode ser devido a uma série de fatores:
  - Condições diferentes de medição: Nem todas as salas tinham as mesmas condições de aula, como a S19 por exemplo, com as luzes da 1ª fileira apagadas para o uso do projetor, influenciando os valores de iluminância e

refletância, ou a S04, que está dentro da norma de acústica, porém uma das maiores reclamações dos alunos é a dificuldade de se escutar o professor, que fala muito baixo;

- Preferências pessoais dos alunos: os respondentes são dotados de subjetividade e podem já ter preferências de salas, como também serem influenciados pelas atividades e pessoas presentes no momento da medição, atribuindo assim valores de satisfação que podem diferir do técnico
- Pesos arbitrariamente atribuídos: Os pesos dados pelos posicionamentos das salas segundo os critérios das normas não são ideais para o ranqueamento, tanto eventualidade de condições como temperaturas mais amenas em determinados dias de medição, quanto por não refletirem o grau de importância que os respondentes dão a cada conforto
- Verifica-se que uma análise que leva em consideração características dos usuários, ainda que de forma técnica como em Fanger, trouxe uma maior aderência aos resultados das preferências individuais;
- Conclui-se que o resultado das normas é importante para verificar o desempenho técnico das salas e por vezes encontrar a fonte dos problemas, porém, por não considerarem a subjetividade dos usuários, perdem parte de seu valor. De nada adianta uma sala que atenda tecnicamente os seus requisitos se não satisfaz os usuários.
- No entanto, o que deve ser verificado é se as salas são realmente a fonte de insatisfação dos alunos, uma vez que aspectos institucionais e pessoais podem ocasionar esse desvio às normas.

## 6.6 PSICOLOGIA AMBIENTAL

### 6.6.1 ANÁLISE DOS GRUPOS

No que concerne à aplicação da Psicologia Ambiental na Avaliação Pós Ocupação do edifício, foram utilizados os métodos de abordagem direta (questionários para os alunos durante as medições dos confortos térmico, acústico e luminoso), entrevistas com professores, auto-relato dos integrantes do grupo (durante as medições) e observação comportamental.

A tabela 59 apresenta os resultados da mensuração das sensações dos alunos por meio da aplicação dos questionários, durante as 12 medições realizadas, nas salas 01, 03, 04, 14, 19, 24 e 26.

Tabela 59 - Resultados dos questionários respondidos pelos alunos durante as medições, com relação às sensações físicas e emocionais e aos confortos térmico, acústico e luminoso.

	Sensações										Satisfação									
	Fisicamente ótimo e bem		Emocionalmente ótimo e bem		Não - distraídos		Térmicamente neutros		Térmicamente neutros e levemente frio ou quente		Acústico ótimo ou bom		Luminoso mesa ótimo ou bom		Luminoso computador ótimo ou bom		Luminoso lousa ótimo ou bom		Luminoso projetor ótimo ou bom	
Caso base	72%		58%		17%		41%		83%		63%		85%		69%		50%		38%	
Mulheres	64%	-9%	51%	-6%	15%	-2%	35%	-6%	81%	-1%	69%	6%	88%	2%	66%	-3%	41%	-9%	38%	-1%
Homens	76%	4%	61%	3%	18%	1%	44%	3%	83%	1%	60%	-3%	84%	-1%	70%	1%	54%	4%	39%	0%
Acima da média de peso geral (69,2kg)	73%	1%	60%	2%	18%	1%	42%	1%	83%	0%	56%	-7%	83%	-3%	71%	2%	51%	1%	38%	0%
Acima da média de peso masculina (74,38kg)	75%	3%	60%	2%	21%	4%	39%	-2%	82%	0%	56%	-7%	79%	-6%	67%	-1%	52%	2%	36%	-2%
Acima da média de peso feminina (57,77kg)	62%	-10%	47%	-11%	14%	-3%	34%	-7%	76%	-7%	65%	1%	84%	-2%	66%	-3%	37%	-13%	30%	-8%
0-1 ano	81%	8%	73%	15%	27%	10%	38%	-3%	73%	-10%	88%	25%	92%	7%	54%	-15%	58%	8%	46%	8%
1-2 ano	67%	-5%	49%	-9%	18%	1%	37%	-4%	82%	-1%	79%	16%	91%	6%	66%	-2%	53%	2%	43%	5%
2-3 ano	73%	1%	52%	-6%	14%	-3%	36%	-5%	77%	-5%	69%	5%	81%	-4%	66%	-2%	52%	2%	35%	-3%
3-4 ano	73%	0%	67%	9%	20%	3%	33%	-9%	80%	-3%	64%	0%	84%	-2%	75%	6%	65%	15%	33%	-6%
4-5 ano	75%	3%	59%	2%	18%	1%	54%	12%	92%	9%	53%	-10%	87%	2%	74%	5%	42%	-9%	32%	-6%
5+ anos	73%	1%	64%	6%	13%	-4%	44%	2%	82%	-1%	38%	-25%	76%	-10%	67%	-2%	41%	-9%	44%	5%
Fisicamente Bem ou Ótimo	100%	28%	64%	6%	19%	2%	47%	5%	83%	1%	64%	1%	85%	0%	70%	1%	52%	2%	39%	0%
Fisicamente Médio ou Mal ou Péssimo	0%	-72%	42%	-16%	13%	-4%	27%	-14%	81%	-1%	62%	-2%	86%	1%	66%	-3%	45%	-5%	38%	-1%
Emocionalmente Bem ou Ótimo	80%	7%	100%	42%	19%	2%	44%	2%	84%	2%	65%	2%	85%	0%	72%	3%	49%	-1%	35%	-4%
Emocionalmente Médio ou Mal ou Péssimo	63%	-9%	0%	-58%	15%	-2%	38%	-3%	80%	-3%	60%	-3%	86%	0%	65%	-4%	51%	0%	43%	4%
Não distraídos	80%	7%	66%	8%	100%	83%	46%	4%	82%	0%	59%	-4%	82%	-3%	75%	6%	52%	2%	41%	2%
Distraídos	71%	-1%	56%	-2%	0%	-17%	40%	-1%	83%	0%	64%	1%	86%	1%	67%	-1%	50%	0%	38%	0%
Pessoas que reclamam da aula/ prof	70%	-3%	57%	-1%	0%	-17%	42%	1%	84%	2%	60%	-3%	88%	3%	68%	0%	50%	0%	40%	1%
Pessoas com sono/cansaço	67%	-6%	46%	-12%	0%	-17%	36%	-5%	80%	-3%	69%	6%	87%	2%	68%	-1%	54%	4%	40%	2%
Pessoas termicamente neutras	82%	9%	61%	3%	19%	2%	100%	59%	100%	17%	62%	-1%	85%	0%	71%	2%	50%	0%	43%	5%
Pessoas termicamente confortáveis	73%	1%	59%	1%	17%	0%	50%	9%	100%	17%	64%	1%	85%	0%	70%	1%	49%	-1%	39%	0%
Pessoas termicamente desconfortáveis	70%	-2%	53%	-5%	17%	0%	0%	-41%	0%	-83%	59%	-4%	84%	-1%	63%	-6%	57%	7%	36%	-2%
Pessoas acusticamente confortáveis	73%	1%	59%	1%	16%	-1%	41%	-1%	84%	1%	100%	36%	87%	2%	68%	-1%	54%	3%	40%	2%
Pessoas acusticamente desconfortáveis	71%	-1%	56%	-2%	19%	2%	42%	1%	81%	-2%	0%	-63%	82%	-3%	70%	1%	44%	-6%	35%	-3%
Pessoas luminicamente confortáveis	68%	-4%	50%	-8%	17%	0%	42%	1%	82%	-1%	72%	9%	100%	15%	84%	15%	100%	50%	96%	58%
Pessoas luminicamente desconfortáveis	70%	-3%	52%	-6%	18%	1%	33%	-8%	79%	-4%	48%	-15%	0%	-85%	0%	-69%	0%	-50%	0%	-38%

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Considerando o cruzamento entre os atributos considerados para mensurar as sensações físicas e emocionais, e a satisfação dos alunos quanto aos confortos térmico, acústico e luminoso, alguns resultados significativos foram observados:

- As mulheres se sentem emocionalmente pior que os homens (6% abaixo da média). Apenas 51% das mulheres se sentem bem/ótimas emocionalmente na Poli;
- As mulheres estão mais satisfeitas com a acústica das salas e menos satisfeitas com a iluminação das mesas, em comparação com os homens;
- Homens com peso acima da média masculina (74,38 kg) se sentem melhor física e emocionalmente que a média geral, mas estão menos satisfeitos com acústica e iluminação;
- Mulheres com peso acima da média feminina (57,77 kg) se sentem pior física e emocionalmente que a média geral, além de se sentirem menos confortáveis termicamente e muito menos satisfeitas com a iluminação no geral;
- Alunos dos últimos anos de graduação se sentem mais insatisfeitos com a acústica e com a iluminação das mesas e da lousa, dependendo da sala;
- Alunos dos primeiros anos de graduação se sentem mais insatisfeitos termicamente e com relação à iluminação para os computadores;
- Alunos do 1º ano se sentem melhor física e emocionalmente que os demais alunos, e se distraem menos;
- A proporção de mulheres como usuárias do prédio da civil/ambiental parece ter aumentado nos anos mais recentes:

Tabela 60 - Porcentagens de homens e mulheres na Poli, por tempo de graduação.

	0-1 ano	1-2 ano	2-3 ano	3-4 ano	4-5 ano	5+ anos
Homens	44%	56%	73%	77%	80%	72%
Mulheres	56%	44%	27%	23%	20%	28%
Sem contar os alunos da FAU						
Homens	53%	68%	74%	77%	80%	72%
Mulheres	47%	32%	26%	23%	20%	28%

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

- Alunos que se sentem fisicamente bem/ótimos tendem a se sentir melhor emocionalmente e mais confortáveis termicamente;

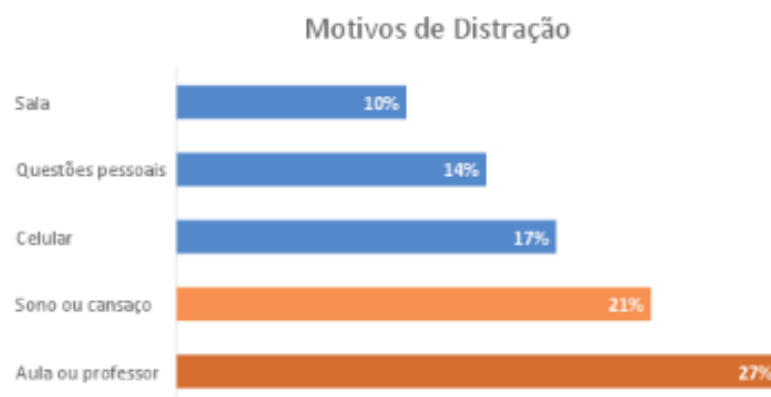


- Alunos que se sentem fisicamente médio/mal/péssimos tendem a se sentir pior emocionalmente, mais distraídos, menos satisfeitos com a iluminação da lousa e menos confortáveis termicamente;
- Alunos que se sentem bem/ótimos emocionalmente tendem a se sentir menos distraídos e mais confortáveis térmica e acusticamente que os alunos que se sentem mal/péssimos emocionalmente;
- Dos alunos que se distraem, os que sentem sono ou cansaço reclamam mais de se sentirem física e emocionalmente mal, e menos confortáveis termicamente;
- Alunos que se sentem desconfortáveis térmica, acústica e luminosamente parecem ter maior propensão a se sentirem desconfortáveis em relação a outros confortos.

#### 6.6.2 COMENTÁRIO SOBRE A DISTRAÇÃO

Vale apontar que a distração por si só não pode ser considerada algo ruim no contexto de uma sala de aula, ainda que em alta proporção como apresentado nos questionários. O que torna essa informação preocupante é a grande parte dos respondentes que reclamam de desinteresse nos assuntos das aulas, falta de engajamento dos professores e cansaço.

Figura 95 - Principais motivos de distração apontados nos questionários.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Os auto-relatos e as observações comportamentais, por fim, apontaram que:

- Em aulas de exercícios e/ou aulas que antecedem as provas, os alunos tendem a prestar mais atenção e utilizar menos o celular;
- Os alunos prestam mais atenção na aula quando há interações com o professor (discussões, perguntas);
- Há uso excessivo de celular e computadores pelos alunos para fins que não dizem respeito à aula quando estes estão distraídos;
- Muitos alunos chegam atrasados à aula; há um fluxo excessivo de entradas e saídas de alunos das aulas; apesar de a aula com restrição à entrada de alunos ter apresentado um dos maiores percentuais de distração;
- Os alunos tendem a dispersar mais a atenção na segunda metade da aula (possivelmente pela duração longa de algumas aulas, reclamação frequente dos alunos nos questionários).

### **6.6.3 DISCUSSÃO SOBRE A RELAÇÃO DE PADRÕES TÉCNICOS E SATISFAÇÃO DOS INDIVÍDUOS**

Os resultados apontados nos questionários, ao serem comparados com as mensurações dos confortos térmico, acústico e luminoso pelas normas técnicas e pelo método de Fanger, mostram que os resultados obtidos pelo método de Fanger estão mais próximos das sensações apontadas pelos alunos, uma vez que este método considera o usuário do ambiente em estudo nos cálculos de conforto. Por ser mais próximo das sensações apontadas, Fanger parece caracterizar melhor os confortos das salas de aula do que as normas técnicas. Seguindo esta lógica, uma sala de aula que se encaixa nas determinações das normas técnicas, não necessariamente atende às necessidades de conforto dos usuários, do ponto de vista térmico, acústico e luminoso.

A Psicologia Ambiental, aplicada em ambientes escolares, considera ainda que as atitudes e comportamentos dos alunos no aprendizado são fruto da combinação de três fatores: as configurações físicas do ambiente, as características pessoais dos estudantes (idade, sexo, motivações, experiência escolar) e as condições sócio-organizacionais da Instituição (regras, grande curricular, métodos de ensino, professores).

As características pessoais dos alunos influenciam diretamente as suas percepções das salas: as sensações físicas interferem na satisfação com relação aos confortos; do mesmo modo que a relação com a disciplina e o professor, o peso, a idade e o sexo. Da mesma forma, as configurações físicas do ambiente (temperatura, umidade relativa do ar, acústica, luminosidade, nível de CO<sub>2</sub>) também podem influenciar os comportamentos dos alunos, como distração e sonolência (parece haver, por exemplo, uma relação direta entre o nível de CO<sub>2</sub> da sala e o número de alunos que sentem sonolência na aula). Há, por fim, o terceiro pilar considerado: as características da Instituição.

Os resultados dos questionários apontam que a aula aparentemente não afeta a maneira como os alunos se sentem, apesar de ser um dos principais pontos de reclamação (duração da aula, didática do professor, conteúdo desinteressante). Este desinteresse dos alunos despertado pelas características do meio é análogo aos resultados de um estudo realizado por R.M. Cooper e John P. Zubek sobre ambientes enriquecidos. Os pesquisadores separaram dois grupos de ratos: os rápidos e os lentos (com relação à facilidade de realizar percursos de labirinto). Os lentos tendiam a cometer muitos erros de percurso quando criados em um ambiente “normal” (gaiola normal, com alguns objetos fixos e cores), mas se equiparavam aos ratos rápidos quando criados em um ambiente enriquecido (com objetos móveis e pinturas modernistas). O movimento contrário também ocorria: ratos rápidos tendiam a cometer mais erros quando criados em ambientes empobrecidos (gaiolas sem muito objetos para interação e apenas cores em tons de cinza). A analogia possível com o cenário da Poli é referente à influência que o ambiente escolar exerce sobre o desempenho dos estudantes.

As respostas colhidas nos questionários evidenciam que o ambiente universitário tende a ser desestimulante, tanto do ponto de vista institucional (professores, grade curricular, métodos de ensino) quanto do ponto de vista físico (confortos térmico, acústico e luminoso). Ainda sob a ótica da configuração física e das condições sócio-organizacionais da Poli, também devem ser levados em conta elementos que refletem a ideologia da Instituição dentro do ambiente de sala de aula.

Como pode então ser identificado um ambiente empobrecido para o ser humano? Para isso, deve-se antes identificar as funções do local, as atividades a serem desempenhadas e os estilos e assuntos a serem tratados no espaço. Tal explicação pode ser traduzida ao contexto

ao qual esse ambiente se encontra, sendo que o empobrecimento do ambiente se dá quando há restrições ao cumprimento das funções do local, e o enriquecimento, o contrário.

#### **6.6.4 CONTEXTO POLITÉCNICO**

Para estudar o prédio é necessário estudar a sua história e, assim, entender a sua concepção e seus objetivos em relação aos usuários. Com isso, parte-se desse ponto para verificar as mudanças ocorridas desde então como forma de reconhecer a evolução dos frequentadores e suas necessidades, bem como do desempenho do edifício em termos das áreas abordadas pelo presente estudo.

A fim de realizar a investigação citada, vê-se indispensável a obtenção dos dados por meio dos seguintes recursos:

- Pesquisa bibliográfica: site da escola e acervo da Biblioteca Central da Escola Politécnica;

Após a obtenção dessas informações, com a intenção de melhor visualização do projeto e análise das transformações ocorridas, foram montadas uma linha do tempo do edifício e comparações entre as plantas originais e atuais.

Entretanto, é importante destacar que o presente texto é fruto de um estudo em andamento, que pode sofrer modificações e atualizações conforme novos dados apareçam.

##### **6.6.4.1 HISTÓRIA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Em 1893, é publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo o Regulamento das leis com a criação da Escola Politécnica com os cursos de Engenharia Agrícola, Civil e Industrial e o curso de Artes Mecânicas. Condizente com o nome de politécnica, a escola chegou a conduzir cursos de diversas áreas, como Arquitetura, Belas Artes e Zootecnia, o que logo fez com que o número de alunos aumentasse.

Originalmente abrigada em 1894 no Solar do Marquês de Três Rios, a Poli mudou-se para o novo edifício projetado pelo escritório do arquiteto Ramos de Azevedo em 1899, nomeado em homenagem ao então diretor da instituição, Paula Souza. O prédio se localiza na Praça Visconde de Congonhas do Campo, hoje chamada de Praça Fernando Prestes, entre a Avenida Tiradentes e as Ruas Afonso Pena e Bandeirantes.

Em 1934, com a criação da Universidade de São Paulo, a Escola Politécnica é a ela aderida e junto com a construção da Cidade Universitária, começa o processo de transferência da instituição e o desmembramento de seus cursos. Notavelmente em 1945, desmembra-se da Poli os cursos de Arquitetura e Urbanismo.

O atual prédio das Engenharias Civil e Ambiental começa a ser construído em 1973, mesmo ano do fim da transposição da Escola Politécnica para o novo espaço, carregando consigo o nome do edifício sede anterior: Edifício Paula Souza.

Localizado na Avenida Professor Almeida Prado, 83, no Butantã, o prédio vem sido a casa dos engenheiros civil formados pela Poli desde então e, como não podia deixar de ser, sofreu uma série de adaptações durante sua existência para adequação das necessidades previstas.

É importante também dar um contexto histórico aos acontecimentos citados. Em 1889, é proclamado o Brasil República, com o ano de 1894 instaurando a agora conhecida República do Café-com-Leite, que permanece até 1930 com a Ascensão de Getúlio Vargas ao poder. O ano de 1934 vê o fim do Governo provisório e a consolidação da Ditadura de Vargas com a criação da Constituição de 34. Tal governo permanece até 1945, sendo seguido pelo período conhecido como Quarta República, que dá espaço à Ditadura Militar, vivida de 1964 a 1985. Findada esta, inicia-se o período republicano atual.

As datas acima por vezes são coincidentes com o as datas da história própria da Escola Politécnica, o que demonstra uma grande influência política no percurso da mesma.

Com o maior poder dos barões do café no Estado de São Paulo em 1894, criou-se uma demanda de profissionais capacitados que influenciou a criação da Poli e seus cursos disponíveis.

A participação dos engenheiros politécnicos na Revolução de 32 e a consolidação do governo varguista em 34 levam a hipóteses da origem da Cidade Universitária e o seu isolamento geral do resto da capital paulistana, bem como da fomentação da transferência da Poli para esse novo terreno longe dos centros políticos de interesse.

Por fim, a construção do atual prédio em 1973 coincide com a época do Milagre Econômico do governo Médici e a forte repressão dos Atos Institucionais.

#### 6.6.4.2 O EDIFÍCIO PAULA SOUZA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA

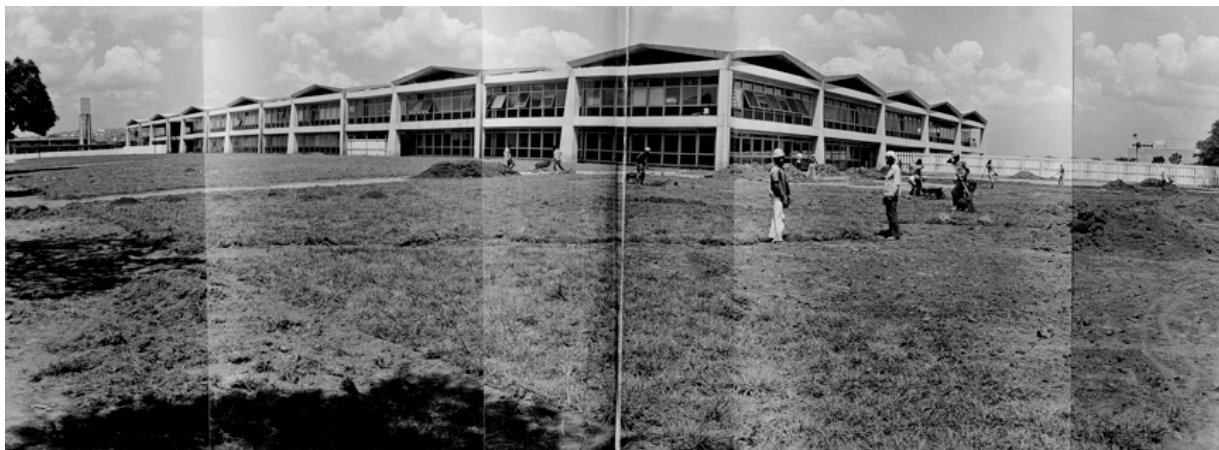
O edifício tem seus projetos assinados pelo Arquiteto Mario Rosa Soares e data de 1973. O seu conceito original prevê a incorporação da natureza ao prédio, o que é almejado pela interação entre a estrutura de concreto armado e aberturas nas fachadas, a vegetação interior, as fontes, as coberturas abertas e os revestimentos de caráter refletivo no interior, que dão a impressão de ambientes ainda maiores.

O projeto previa:

4. 3 entradas;
5. 2 espaços vazios no interior do prédio conectados ao exterior;
6. 6 espelhos d'água;
7. 24 salas no andar superior;
8. 4 salas para a Pós-Graduação;
9. 2 auditórios;
10. Cerca de 50 salas de professores;
11. Refeitório voltado para o interior;
12. Laboratório de Mecânica dos Solos, Saneamento e Concreto;
13. Biblioteca;
14. Área de lazer;
15. Espaços para atendimentos aos alunos;
16. Banheiros e vestiários.

O prédio na sua concepção original pode ser compreendido através das fotos a seguir, cortesia da SEF-USP.

Figura 96 - Edifício Paula Souza em sua concepção original.



Fonte: SEF USP (2017)

Figura 97 - Prédio das Engenharias Civil e Ambiental da POLI-USP ainda em construção



Fonte: SEF USP (2017)

Figura 98 - Vista aérea da Escola Politécnica - USP



Fonte: SEF USP (2017)

Figura 99 - Vista da cobertura do prédio de Engenharia Civil da POLI - USP



Fonte: SEF USP (2017)



Figura 100 - Interior do Edifício Paula Souza



Fonte: SEF USP (2017)

Figura 101- Vista frontal do prédio de Engenharia Civil da POLI - USP



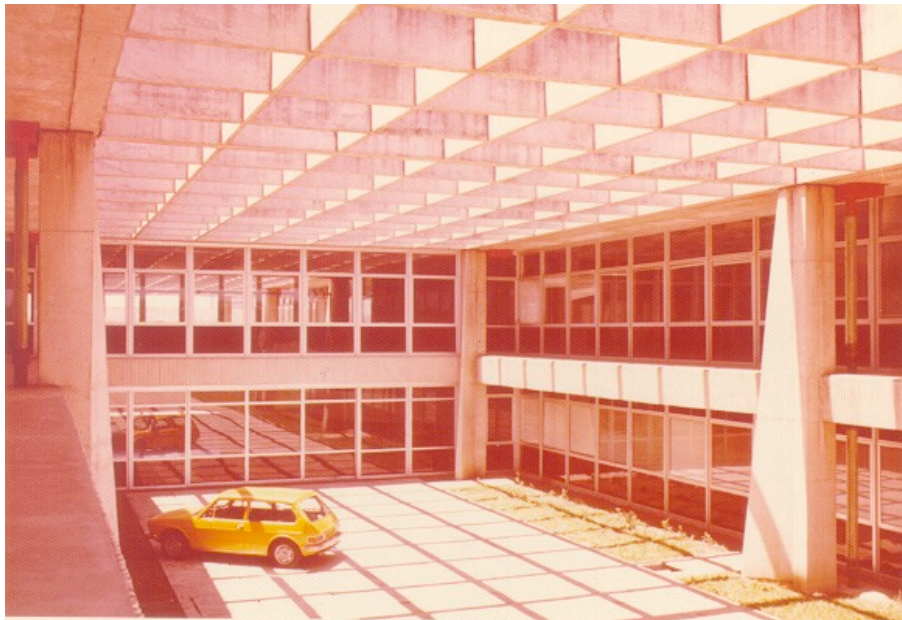
Fonte: SEF USP (2017)

Figura 102- Interior do edifício da Engenharia Civil da POLI - USP



Fonte: SEF USP (2017)

Figura 103 - Entrada do edifício Paula Souza em sua concepção original



Fonte: SEF USP (2017)

#### 6.6.4.3 PRINCIPAIS MODIFICAÇÕES

Ao longo dos anos, o edifício Paula Souza sofreu uma série de modificações para se adequar às necessidades de seus usuários, que também se modificaram com o passar do tempo. As modificações mais significativas com registros na Superintendência do Espaço Físico da USP são recentes: a reforma do Sistema de Águas Pluviais datado de 2001 e a reforma da cobertura do prédio, 2008.

Outras adaptações também significativas foram realizadas nos 44 anos de existência da Civil, porém é mais complicado organizá-las cronologicamente por conta da falta de registros.

As principais modificações arquitetônicas notadas estão listadas a seguir:

- Reforma do Sistema de Águas Pluviais;
- Reforma da Cobertura;
- Fechamento da fachada de entrada geral;
- Criação de corredores laterais no andar superior;
- Isolamento do restaurante;
- Fechamento da entrada dos alunos e realocação do local do Centro de Confraternização;
- Criação de jardins no local de quatro espelhos d'água;
- Instalação de coberturas de policarbonato nos espaços abertos dentro do prédio;
- Realocação dos Auditórios;
- Criação das “Salas de Estudo”.

Abaixo, breves descrições dos motivos e consequências das modificações identificadas acima, quando disponíveis:

- Reforma do Sistema de Águas Pluviais:
  - Antigamente, havia o reuso das águas pluviais. Atualmente, sistema de reuso está desativado.

- Reforma da Cobertura:
  - Patologias relacionadas à cobertura levaram a incômodos como goteiras no prédio, o que levou à necessidade de uma reforma da cobertura. Sabe-se que houve a tentativa de realização de uma laje de concreto, sendo que esta não foi totalmente suportada pela estrutura, precisando ser britada. Atualmente, há a sala com os equipamentos de ar condicionados na cobertura, que é suportada por pilares de metal sobre as grelhas de concreto.
- Fechamento da fachada de entrada geral:
  - Por questões de segurança e por conta das intempéries, a entrada geral foi fechada e conta atualmente com uma pequena portaria.
- Criação de corredores laterais no andar superior:
  - Aumento do espaço de circulação dos usuários em detrimento dos espaços das salas de aula.
- Isolamento do restaurante:
  - O restaurante ganhou espaço e foi isolado do prédio, impedindo odores e ruídos de atrapalhar os alunos, ao mesmo tempo que abrindo a possibilidade de alunos de outras unidades terem maior acesso ao estabelecimento.
- Fechamento da entrada dos alunos e realocação do local do Centro de Confraternização:
  - Por conta da segurança, essa entrada foi fechada e o centro acadêmico foi transposto do local onde atualmente é a sala de estudos do térreo para o local da entrada de alunos.
- Criação de jardins no local de quatro espelhos d'água:
  - Especula-se que a mudança tenha sido gerada por conta dos custos e complicações da manutenção dos espelhos d'água.

- Instalação de coberturas de policarbonato nos espaços abertos dentro do prédio:
  - Com intuito de proteção do espaço interno das intempéries, porém aumentando a temperatura interna, já que impede o ar quente de sair.
  
- Realocação dos Auditórios:
  - O projeto previa dois auditórios no local da sala S04 atual e a sua adjacente. A modificação levou ao único auditório que existe na outra extremidade do prédio.
  
- Criação das “Salas de Estudo”:
  - Criadas com a intenção de prover um necessário espaço de estudo para os alunos, porém com a falta de salas disponíveis, as “salas” atuais são dispostas em ambientes abertos de passagem, por diversas vezes com temperatura, iluminação e ruídos inadequados às atividades destinadas ao local.

Além das modificações arquitetônicas, é importante ressaltar as modificações da aparelhagem das salas, que inclui equipamentos de ar condicionado, computadores, projetores, as lousas, carteiras, vidros nas janelas com películas protetoras, a retirada das persianas internas das janelas, entre tantas outras atualizações dos padrões julgados necessários para uma faculdade de engenharia.

#### 6.6.4.4 SIGNOS DO CONTEXTO

Segundo Ribeiro (2004), a noção do que é o espaço foi reconstruída e passou a abrigar não só a dimensão geométrica, mas também a social. Nas palavras da autora, “o espaço não é neutro e está impregnado de signos, símbolos e marcas de quem o produz, organiza e nele convive, por isso, tem significações afetivas e culturais”.

Na mesma linha de pensamento, encontra-se Elali (2003), que leva o conceito de espaço como modificador de conduta às salas de aula, exemplificando com a relação entre

disposição das cadeiras e abertura de discussão. Carteiras em círculo estimulam o envolvimento, enquanto que enfileiradas trazem a ideia de aula expositiva e agrupadas, de trabalho em grupo. O raciocínio prossegue e Elali então conclui que não só a disposição da mobília, mas também as condições ambientais da classe (acústica, temperatura, insolação, ventilação, luminosidade, entre outros) podem refletir em diferentes fatores, incluindo a sociabilidade dos usuários, saúde e seu desempenho acadêmico.

Ainda no âmbito escola e ambiente, o filósofo Foucault traça um paralelo entre a arquitetura escolar e a estrutura de uma prisão em seu livro *Vigiar e Punir* (1975). O que é explorado por Santana (2010) ao estudar escolas do estado de Sergipe, ressaltando que “é essencial, portanto, que haja um diálogo constante entre o arquiteto e o educador, possibilitando a criação de ambientes que permitam o desenvolvimento cognitivo, sensorial e motor do estudante”.

Tal fato também é observado por Luz (2005) ao estudar o desempenho de alunos em salas ergonômicas e não ergonômicas. Trabalho que resultou na opinião de que o ambiente, sua iluminação, os ruídos que se fazem presentes, a ventilação e até mesmo o uso de cores influenciam no conforto, físico e psicológico, do estudante, e, portanto, também o rendimento de seu aprendizado.

Por fim, sempre se mostra importante o questionamento do desempenho do edifício em relação às necessidades dos usuários atuais, bem como é dito na Metodologia de Avaliação Pós-Ocupação, e, por isso, através da pesquisa bibliográfica de Psicologia Ambiental, aventura-se a enxergar novos pontos de vista sobre o edifício e as atividades que nele ocorrem, procurando revelar entendimentos diferentes e soluções inesperadas para os problemas encontrados.

Para uma primeira análise do edifício no geral e suas salas, partiu-se do seu contexto histórico de realização: a Ditadura Militar no Brasil. Período de restrições dos direitos humanos, vigilância da sociedade e de uma cultura de hierarquização e rigidez que são vistas como estranhas para o contexto atual. Portanto, listaram-se uma variedade de aspectos que podem ser vistos como heranças da origem do prédio e as crenças da época:

- Carteiras em Fileiras;
- Janelas atrás dos alunos;

- Porta da sala localizada na frente;
- Professor em nível superior e frontal na sala de aula;
- Portas de vidro nas salas de aula;
- Pátios internos com vista superior;
- Entradas e Saídas segregadas;
- Espaços destinados aos professores segregados;
- Salas de Estudo abertas e em local de passagem;
- Banheiros masculinos maiores que os femininos;

Conforme estudos de Melatti (2004), a qual observa e detalha comportamentos e intenções de vários aspectos da arquitetura escolar, fez-se uma discussão dos aspectos supracitados em relação com seu contexto histórico de origem. Abaixo, breves descrições das análises tecidas:

- Carteiras em Fileiras:
  - Sensação de rigidez e redução do espaço pessoal do aluno e da interação entre aluno-professor. Impedimento que o aluno saia durante a aula;
- Janelas atrás dos alunos:
  - Redução do espaço particular. Tentativa de impedir a distração dos alunos com o mundo externo. Atrapalha o uso de dispositivos eletrônicos, como os computadores e *tablets* tão comuns nos dias de hoje, usados até para anotações e pesquisas pertinentes à aula;
- Porta da sala localizada na frente:
  - Exposição de quem chega atrasado como tentativa de inibir essa atitude. Distração dos alunos em aula;
- Professor em nível superior e frontal na sala de aula:

- Hierarquização, imposição de respeito e diminuição de interação aluno-professor, uma vez que o aluno se sente intimidado;
- Portas de vidro nas salas de aula:
  - Permite a visualização do interior da sala a todos os momentos. Distração dos alunos em aula;
- Pátios internos com vista superior:
  - Vigilância dos alunos. Ruídos ecoam pelo ambiente;
- Entradas e Saídas segregadas:
  - Hierarquização, redução da interação entre aluno e professor;
- Espaços destinados aos professores segregados:
  - Hierarquização, redução da interação entre aluno e professor;
- Salas de Estudo abertas e em local de passagem:
  - Restrição dos estudos e interações sociais com espaços com iluminação, acústica e conforto térmico inadequados;
- Banheiros masculinos maiores que os femininos:
  - Reflexo de uma sociedade sexista, a qual tinha a grande maioria de seus alunos sendo homens. Cabe a reflexão se a situação permanece a mesma.

É claro que muitos dos pontos abordados acima podem ser levados como assuntos para projetos tão elaborados quanto este presente e, por tal motivo, não é pretendido o aprofundamento destes aspectos, porém, utilizá-los como base para a compreensão dos problemas encontrados durante a aplicação da metodologia da APO e na proposição das soluções.



Destacam-se tais aspectos também com o objetivo de elevá-los a uma posição de discussão no meio da Engenharia Civil, por vezes considerado apenas exato, lembrando-se que razão e emoção são psicologicamente indissociáveis. E, espera-se que assim, trabalhos futuros possam abordar o contexto histórico e os aspectos decorrentes do edifício com o merecido empenho.

#### 6.6.4.5 USUÁRIOS

A compreensão das necessidades atuais dos usuários é um dos pontos principais deste estudo, porém um censo detalhado de quem são seus usuários, suas necessidades, desejos e sensações seria extremamente bem-vindo não somente para o desenvolvimento do projeto, mas também para uma administração mais acurada e precisa da instituição. Isto se dá pelo fato de muitos dos aspectos técnicos do edifício serem frutos da direção administrativa deste.

E, é por esse motivo, que se sugere a criação de censos anuais para a melhor compreensão dos frequentadores do prédio e, assim, gerar uma administração mais eficiente e um ambiente melhor.

#### 6.6.5 PERCEPÇÃO DOS INDIVÍDUOS EM RELAÇÃO AO PRÉDIO E À INSTITUIÇÃO

Um segundo questionário foi disponibilizado online para os alunos expressarem sua percepção geral do prédio e da instituição da Escola Politécnica. Foram recebidas cerca de 125 respostas no período de 24 horas. Abaixo apresenta-se uma breve análise dos pontos principais encontrados na pesquisa, que se encontra em sua totalidade no anexo.

Tabela 61 – Características pessoais dos respondentes da pesquisa online

Sexo/Gênero	45,0% Feminino 55,0% Masculino
Idade média	22,9 anos
Altura média	1,71 m
Peso médio	67,8 kg
Distribuição por curso	57,4% Engenharia Civil

	20,9% Engenharia Ambiental 7,8% Arquitetura 14,0% Outros
Distribuição por anos de curso	3,1% 1 ano 12,4% 2 anos 10,9% 3 anos 19,4% 4 anos 23,3% 5 anos 31,0% 5+ anos

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

- Os alunos costumam gostar de seus cursos, com cerca de 65% respondendo que adoram ou apenas gostam;
- Os professores são o ponto mais criticado: 77,1% dos alunos não estão satisfeitos com os professores da civil/ambiental;
- 54,3% dos respondentes não gosta da Poli instituição, enquanto que 52,6% não estão satisfeitos com o edifício e 45,7% não gosta dos próprios alunos politécnicos;

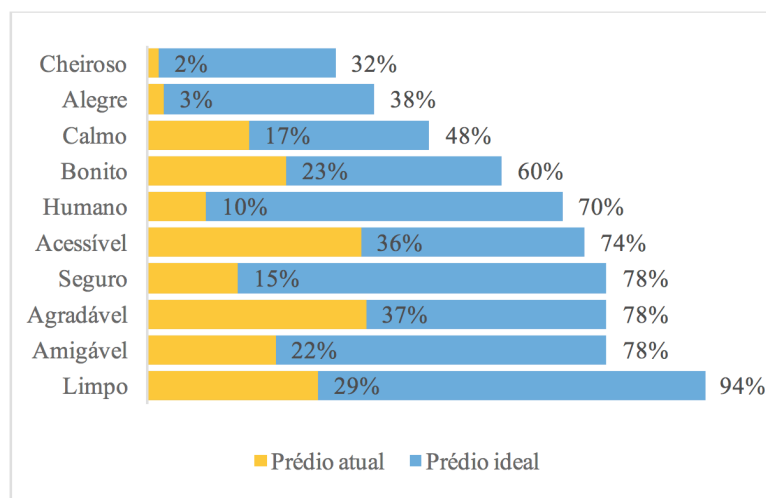
Tabela 62 – Distribuição de respostas para a pergunta “Você gosta das seguintes coisas?”

	Adoro!	Sim.	Médio...	Não.	Odeio!
Seu curso	22,8%	42,1%	28,1%	4,4%	2,7%
Da Poli	5,3%	40,4%	29,8%	15,8%	8,8%
Do prédio da Civil e Ambiental	5,3%	42,1%	37,7%	11,4%	2,7%
Dos professores da Civil e Ambiental	1,8%	21,1%	56,1%	15,8%	5,3%
Dos alunos da Civil e Ambiental	7,9%	46,5%	37,7%	6,2%	1,8%

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

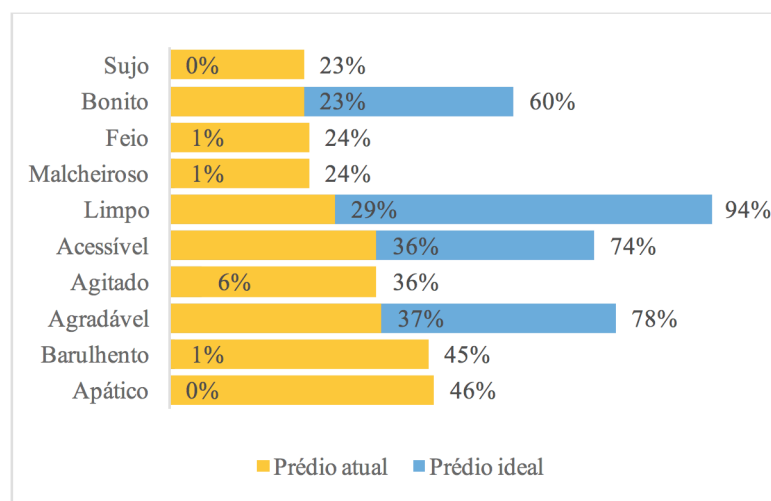
- As listas de palavras de descrição do prédio e de seu ideal são significativamente diferentes;

Figura 104 – 10 itens mais citados como características do prédio de ensino ideal.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 105 - 10 itens mais citados como características do prédio da Civil e Ambiental atual.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

- Muitos problemas foram citados pelos alunos, dentre eles: rachaduras, mal cheiro, goteiras, calor no verão e frio no inverno, rampas com inclinação acentuada, falta de acessibilidade para pessoas cegas, surdas, obesas e até mesmo para transexuais;
- 51,7% dos alunos não gosta de estudar na civil, mesmo que 87,7% deles estude sempre (34,2%) ou às vezes (53,5%). Sendo as “salas de estudo” dos corredores próximas às rampas citados como principais locais de estudo;

- 88,2% dos alunos já observou algum problema no prédio, com 76,4% não achando a manutenção boa;
- Dos respondentes, 67,6% não se sente seguro em relação ao seu patrimônio e 40,4% em relação a qualquer tipo de agressão física ou emocional;
- A situação é agravada ao se dividir em gêneros, com 51,1% das mulheres frequentadoras do prédio não se sentindo seguras em relação às agressões físicas e emocionais, contra 32,3% dos homens.

Tabela 63 – Distribuição de respostas para a pergunta “Como você se sente quanto às seguintes seguranças no e do prédio?”

	Ótim@!	Bem.	Médio...	Mal.	Péssim@!
Do seu patrimônio	2,7%	29,8%	38,6%	24,6%	4,4%
Em relação a qualquer tipo de agressão (física ou emocional)	10,5%	49,1%	23,7%	11,4%	5,3%
Mulheres em relação a qualquer tipo de agressão (física ou emocional)	2,0%	46,9%	28,6%	14,3%	8,2%
Homens em relação a qualquer tipo de agressão (física ou emocional)	16,9%	50,7%	20,0%	9,2%	3,1%

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Pela análise das respostas, percebe-se informações que corroboram com aquilo que já foi apontado no trabalho: os alunos não parecem estar satisfeitos com a Escola Politécnica como instituição e, ainda mais agravantes, as mulheres parecem se sentir pior emocionalmente e mais ameaçadas no ambiente escolar.

## 7 SOLUÇÕES

Para a proposta de soluções as técnicas de APO e de Psicologia Ambiental se tornaram complementares. Através da APO (observação, questionários e normas), montou-se uma matriz de problemas e salas, destacando assim os mais recorrentes:

1. Pouca intensidade luminosa na lousa;
2. Alta refletância na lousa: ofuscamento;
3. Intensidade sonora do ambiente em repouso maior do que a recomendada pela norma;
4. Falta de circulação de ar geral: pouca ou sem ventilação em toda a sala;

Tabela 64 - Matriz de problemas das salas

		Salas												Soma
		S01		S03	S04		S14		S19		S24		S26	
Conforto	Problemas	Ago/Set	Out/Nov	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	Out/Nov	Ago/Set	
Térmico	Frestas desprotegidas: menores temperaturas próximo de janelas	X		X	X	X				X				5
	Frestas desprotegidas: menores temperaturas próximo de portas		X		X		X	X	X	X			X	7
	Falta de circulação de ar geral: pouca ou sem ventilação em toda a sala	X	X				X	X	X		X	X	X	8
	Falta de circulação de ar em pontos específicos: pouca ou sem ventilação em algum ponto afastado de porta e janelas				X	X				X				3
	Concentração alta de CO2 geral	X	X				X						X	4
	Concentração alta de CO2 em pontos específicos: afastados de porta e janelas								X		X			2
	Alta umidade relativa geral			X	X	X		X	X			X		6
	Alta umidade relativa em pontos específicos: afastados de porta e janelas	X											X	2
Acústico	Intensidade sonora do ambiente em repouso maior do que a recomendada pela norma	X	X	X	X	X	X		X	X	X			9
	Vazamento de som: maior intensidade sonora próximo de janelas							X				X	X	3
	Vazamento de som: maior intensidade sonora próximo de portas							X						1
	Reverberação: maior intensidade sonora longe de aberturas (porta e janelas)													0
Luminoso	Pouca intensidade luminosa na lousa	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	10
	Alta refletância na lousa: ofuscamento	X	X			X	X	X	X	X	X		X	9
	Pouca intensidade luminosa nas mesas													0
	Alta intensidade luminosa nas mesas: ofuscamento	X					X			X	X	X	X	6
	Baixa refletância nas mesas	X	X					X	X	X	X	X		7
Alta refletância nas mesas: ofuscamento			X											1
Soma		9	7	4	5	6	7	8	8	8	7	6	8	

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Já pela teoria da Psicologia Ambiental, elegeram-se pontos que compusessem a sala de aula ideal na opinião dos pesquisadores:

- Carteiras em círculo com o professor no centro;
  - Maior proximidade com o professor;
  - Maior facilidade de diálogo;
- Professor e alunos no mesmo patamar;
  - Maior proximidade com o professor;
  - Maior facilidade de diálogo;
- Janelas ao lado;
  - Menor reflexo na lousa;
  - Menor reflexo na tela do computador;
  - Menor incidência de sol nos alunos;
  - Maior uso de iluminação natural;
  - “Válvula de escape” para os alunos durante a aula;
- Porta ao fundo;
  - Menor ruptura da aula por alunos atrasados ou fora da sala;
  - Menor exposição dos alunos que chegam atrasados;
- Ar condicionado central;
  - Temperatura controlada;
  - Menor barulho;
- Circulação de ar;
  - Menor concentração de CO<sub>2</sub> nas salas;
  - Presença de vento leve e controlado;
- Luz na lousa;
  - Menor problema com reflexo;
- Cortinas nas janelas;
  - Menor ruído;
  - Menor claridade ao usar o projetor;
- Janelas antirruído;
  - Menor interrupção da aula com sons externos;
- Sala de aula flexível:
  - Paredes pintadas com tinta lousa;

- Cadeiras e mesas movimentáveis (menor número de carteiras nas salas de aula);
- Equipamentos para aulas práticas disponíveis na sala;

Por fim, montaram-se sugestões de soluções para os problemas encontrados separando-as em três tipos:

- Soluções fonte: aquelas que agem sob a fonte do problema para resolvê-lo;
- Soluções meio: aquelas que agem sob o meio ambiente onde estão os usuários para diminuir as consequências do problema;
- Soluções receptor: aquelas que agem sob o objeto receptor do problema (ex.: lousa no ofuscamento) para remediar a situação.

Além disso, os problemas foram mantidos separados nos confortos.

## 7.1 CONFORTO TÉRMICO

### **Problema 1: Frestas desprotegidas - menores temperaturas próximas a janelas**

Soluções fonte:

- Selamento das janelas. Troca das janelas por janelas novas totalmente seladas. O problema dessa solução é o custo de implementação, que pode ser um investimento caro, no entanto, com alto grau de eficiência.

Figura 106 - Preparação e aplicação do selante



Fonte: Guia Construir e Reformar (2013)

- Uso de cortinas, para bloquear a ventilação direta incidente nos usuários.

Figura 107 - Sala de aula



Fonte: Eloísa e a cultura digital (2014)

Soluções meio:

- Climatizadores que mantenham a temperatura da sala uniforme. O maior problema dessa solução é o custo com implantação e manutenção.

Soluções objeto/incidente:

- Arranjar a sala para que as cadeiras não estejam tão próximas à janela para evitar que o aluno esteja num ponto inadequado da sala.

## **Problema 2: Frestas desprotegidas - menores temperaturas próximas a portas**

Soluções fonte:

- Selamento das portas. Troca das portas por portas novas totalmente seladas no contato com a parede. O problema dessa solução é o custo de implementação, que pode ser um investimento caro, no entanto, com alto grau de eficiência.



Soluções meio:

- Climatizadores que mantenham a temperatura da sala uniforme. O maior problema dessa solução é o custo com implantação e manutenção.

Soluções objeto/incidente:

- Arranjar a sala para que as cadeiras não estejam tão próximas à porta para evitar que o aluno esteja num ponto inadequado da sala.

### **Problema 3: Falta de circulação de ar geral - pouca ou falta de ventilação em toda a sala**

Soluções fonte:

- O problema pode ser solucionado com a abertura das janelas, para permitir a troca de ar, e ventilação do ambiente. O problema desta solução é o fato de entrar em conflito com o problema acústico da sala e de iluminação.

Soluções meio:

- Uso de circuladores de ar/ventiladores/ar condicionado central trazem conforto térmico ao meio em que estão sendo utilizados. Todos os equipamentos ajudam a circular o ar na sala. Para a escolha da melhor solução dentre os 3 equipamentos, é preciso realizar uma análise econômica de custo benefício, uma vez que cada solução tem um investimento variado. No quesito financeiro, o ventilador está na frente, enquanto o ar condicionado em geral tem um custo maior de energia. O climatizador promove circulação do ar em todo o ambiente, além de manter o ar úmido, e em geral é mais econômico que o ar condicionado.

Figura 108 - Modelo de circulador de ar



Fonte: Leroy Merlin (2017)

**Problema 4: Falta de circulação de ar em pontos específicos - pouca ou falta de ventilação em algum ponto afastado de porta e janelas**

Soluções fonte:

- abertura das janelas, de forma que o ar circule melhor em toda a sala

Soluções meio:

- Utilização de ventiladores/circuladores portáteis, em pontos localizados.
- Uso de circuladores de ar/ventiladores/ar condicionado central trazem conforto térmico ao meio em que estão sendo utilizados, de forma homogênea. Todos os equipamentos ajudam a circular o ar na sala. Para a escolha da melhor solução dentre os 3 equipamentos, é preciso realizar uma análise econômica de custo benefício, uma vez que cada solução tem um investimento variado. No quesito financeiro, o ventilador está na frente, enquanto o ar condicionado em geral tem um custo maior de energia. O climatizador promove circulação do ar em todo o ambiente, além de manter o ar úmido, e em geral é mais econômico que o ar condicionado.

Figura 109 - Modelo de climatizador de ar



Fonte: Wagner (2013)

### **Problema 5: Concentração alta de CO<sub>2</sub> geral**

Soluções meio:

- Manter janelas e portas abertas para diminuir a concentração de CO<sub>2</sub> nas salas e fazer com que menos alunos se distraiam com sono. Sem custo de implantação. O problema dessa solução está no fato de entrar em conflito com o problema acústico e luminoso da sala. As Janelas da poli estão quebradas e batem sozinhas facilmente; E há bastante barulho externo de carros, cortador de grama, ar condicionado e conversas fora da sala de aula que geram reclamações dos alunos.
- Uso de ar condicionado central traz conforto térmico ao meio em que estão sendo utilizados. Todos os equipamentos ajudam a trocar e circular o ar na sala. O problema dessa solução está no custo de implantação e manutenção. No entanto, é uma solução bastante eficiente, pois permite a troca de ar de forma homogênea na sala, além de solucionar diversos problemas como temperatura, umidade, ruído externo, iluminação, por permitir uma sala hermeticamente fechada.

**Problema 6: Concentração alta de CO<sub>2</sub> em pontos específicos - afastados de porta e janelas**

Soluções fonte:

- Rearranjar layout da sala, de forma que não haja concentração maior de geração de CO<sub>2</sub> em pontos específicos.

Figura 110 - Exemplo de rearranjo do layout da sala



Fonte: Rutherford (2014)

Figura 111 - Exemplo de rearranjo do layout da sala



Fonte: HTEC (2017)

Soluções meio:

- Uso de circuladores de ar/ventiladores/ar condicionado central trazem conforto térmico ao meio em que estão sendo utilizados. Todos os equipamentos ajudam a circular o ar na sala. Para a escolha da melhor solução dentre os 3 equipamentos, é preciso realizar uma análise econômica de custo benefício, uma vez que cada solução tem um investimento variado. No quesito financeiro, o ventilador está na frente, enquanto o ar condicionado em geral tem um custo maior de energia. O climatizador promove circulação do ar em todo o ambiente, além de manter o ar úmido, e em geral é mais econômico que o ar condicionado.

### **Problema 7: Altos níveis de umidade relativa geral**

Soluções meio:

- Uso de ar condicionado central trazem conforto térmico ao meio em que estão sendo utilizados, de forma homogênea. Todos os equipamentos ajudam a circular o ar na sala. Para a escolha da melhor solução dentre os 3 equipamentos, é preciso realizar uma análise econômica de custo benefício, uma vez que cada solução tem um investimento variado. O ar condicionado reduz a umidade do ar.
- Uso de desumidificador de ar ambiente. Trata-se de um equipamento que remove a umidade do ar ambiente e consequentemente dos materiais que nele se encontram, através de um processo de condensação. Reduz a umidade relativa do ar até a faixa nominal de 40% a 60%, eliminando assim o meio de proliferação dos microorganismos causadores do mofo e mau cheiro que caracterizam os ambientes úmidos.

Figura 112 - Desumidificador de ar ambiente



Fonte: Leroy Merlin (2017)

### **Problema 8: Altos níveis de umidade relativa em pontos específicos - afastados de porta e janelas**

Soluções meio:

- Uso de ar condicionado portátil ou tipo Split

- Uso de ar condicionado central trazem conforto térmico ao meio em que estão sendo utilizados, de forma homogênea. Todos os equipamentos ajudam a circular o ar na sala. Para a escolha da melhor solução dentre os 3 equipamentos, é preciso realizar uma análise econômica de custo benefício, uma vez que cada solução tem um investimento variado. O ar condicionado reduz a umidade do ar.
- Uso de desumidificador de ar ambiente. Trata-se de um equipamento que remove a umidade do ar ambiente e consequentemente dos materiais que nele se encontram, através de um processo de condensação. Reduz a umidade relativa do ar até a faixa nominal de 40% a 60%, eliminando assim o meio de proliferação dos microorganismos causadores do mofo e mau cheiro que caracterizam os ambientes úmidos. É utilizado com a sala fechada, garantindo uma homogeneização na umidade relativa do ambiente.

## 7.2 CONFORTO ACÚSTICO

### **Problema 1: Intensidade sonora do ambiente em repouso maior do que a recomendada pela norma**

Soluções meio:

- Cortina para a iluminação e ruído. Controle de reverberação no ambiente. Fornecer condições acústicas com melhor absorção do ruído. Atenuar a vibração e eliminar as reflexões sonoras. Essa solução é uma solução barata que traz bastantes benefícios na redução do ruído. Além de se tratar de um produto decorativo do ambiente.
- Isolamento acústico nas paredes/Tinta à prova de sons. Tratamento acústico à base de nanotecnologia para tratamento acústico em qualquer ambiente em que se deseja eliminar as reverberações provenientes de sons internos. O produto pode ser aplicado com 1mm de espessura e seu acabamento fica como de uma parede comum, com a textura igual a um acabamento em gesso, possuindo diversas cores. Exemplo de produto: Nanosound.

Figura 113 - Revestimento acústico - Nanosound



Fonte: Isto é Dinheiro (2017)

## Problema 2: Vazamento de som - maior intensidade sonora próximo a janelas

Soluções fonte:

- Gerenciar horários de limpeza e utilização do cortador de grama. Ao analisar as respostas dos questionários, verificou-se que parte das reclamações se tratam do ruído gerado por atividades que ocorrem durante o horário de aula. Pensa-se que essas atividades que competem com o propósito maior da universidade deveriam ser planejadas para ocorrerem em outros horários, como horário de almoço, após as 17h, ou finais de semana.

Soluções meio:

- Barreiras acústicas nas janelas, como a utilização de cortinas. Controle de reverberação no ambiente. Fornecer condições acústicas com melhor absorção do ruído. Atenuar a vibração e eliminar as reflexões sonoras. Essa solução é uma solução



barata que traz bastantes benefícios na redução do ruído. Além de se tratar de um produto decorativo do ambiente.

- Trocar Janelas à prova de sons. Utilizar janelas que são totalmente vedadas em relação a alvenaria, impedindo a passagem do ruído externo para dentro do ambiente. O maior problema dessa solução está no custo de implantação e na interferência com a ventilação do ambiente.

Soluções objeto/incidente:

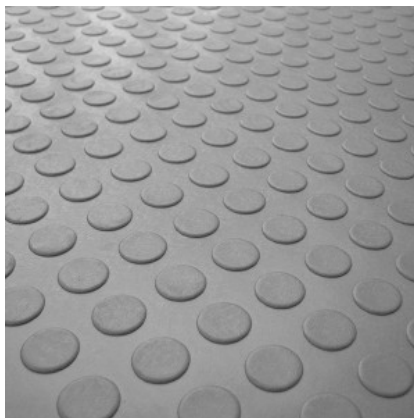
- Para ambientes de sala de estudo, os usuários têm a opção de utilizar protetores auriculares, para reduzir a interferência com outros ruídos, solução essa que é inviável dentro da sala de aula.

### **Problema 3: Vazamento de som - maior intensidade sonora próximo a portas**

Soluções fonte:

- Trocar carrinho de limpeza. Ao analisar os questionários, percebeu-se bastante reclamação de ruídos externos nos corredores, incluindo a passagem do carrinho de limpeza pelo piso texturizado.
- Trocar o piso texturizado do corredor. O piso dos corredores por onde passa o carro de limpeza, as mochilas de carrinho e outros aparelhos que possuem atrito com o chão, geram bastante ruído. Pensou-se em trocar o piso por um piso mais liso que gere menos ruído. Esta solução pode ter um custo de implantação bastante caro, mas que gera uma solução bastante eficiente e de longa duração.

Figura 114 - Modelo de piso texturizado



Fonte: Madeira Madeira (2017)

- Implantar política de conscientização dos alunos para evitar conversas nos corredores durante as aulas.

Soluções meio:

- Selamento das portas: Realizar uma reforma nas portas atuais, com fechamento das frestas no contato porta-parede, garantindo melhor vedação do ruído externo. Solução mais econômica que a troca por portas novas.
- Troca das portas por portas novas totalmente seladas no contato com a parede. O problema dessa solução é o custo de implementação, que pode ser um investimento caro, no entanto, com alto grau de eficiência.

#### **Problema 4: Reverberação - maior intensidade sonora longe de esquadrias (porta e janelas)**

Soluções meio:

- Troca das portas por portas novas totalmente seladas no contato com a parede. O problema dessa solução é o custo de implementação, que pode ser um investimento caro, no entanto, com alto grau de eficiência, de forma a buscar um ambiente isolado acusticamente do meio externo.

- Trocar janelas à prova de sons. Utilizar janelas que são totalmente vedadas em relação a alvenaria, impedindo a passagem do ruído externo para dentro do ambiente, de forma a buscar um ambiente isolado acusticamente do meio externo. O maior problema dessa solução está no custo de implantação e na interferência com a ventilação do ambiente.
- Cortinas e materiais que absorvam o ruído. Controle de reverberação no ambiente. Fornecer condições acústicas com melhor absorção do ruído. Atenuar a vibração e eliminar as reflexões sonoras. Essa solução é uma solução barata que traz bastantes benefícios na redução do ruído. Além de se tratar de um produto decorativo do ambiente.
- Isolamento acústico nas paredes/Tinta à prova de sons. Tratamento acústico à base de nanotecnologia para tratamento acústico em qualquer ambiente em que se deseja eliminar as reverberações provenientes de sons internos. O produto pode ser aplicado com 1mm de espessura e seu acabamento fica como de uma parede comum, com a textura igual a um acabamento em gesso, possuindo diversas cores. Exemplo de produto: Nanosound.

### 7.3 CONFORTO LUMINOSO

#### **Problema 1: Pouca intensidade luminosa na lousa**

Soluções fonte:

- Para solucionar o problema da lousa escura, pensa-se na solução de adicionar lâmpadas em cima da lousa, que aumentem a refletância das letras escritas.

Figura 115 - Modelo de sala de aula



Fonte: Liceu Sabin (2017)

## **Problema 2: Alta refletância na lousa - ofuscamento**

Soluções fonte:

- Para reduzir a entrada de iluminação no meio da sala de aula, uma solução possível seria construir brises externos, que diminuam a entrada de luminosidade natural na sala de aula.

Figura 116 - Brises externos



Fonte: Batista (2014)

Soluções meio:

- Cortina para a iluminação e ruído. A cortina interrompe a passagem de luz do meio externo para o interior da sala de aula. Baixo custo de implantação.
- Colocar insulfilme nas janelas. Reduz a porcentagem de luz que ultrapassa a superfície da janela, reduzindo a luminosidade incidente na sala. Solução mais econômica que as outras.
- Fiação elétrica das lâmpadas montadas paralelamente as janelas, permitindo desligar as lâmpadas mais próximas à lousa.

Soluções objeto/incidente:

- Pintar a lousa de preto, com tinta para lousa, de forma que a lousa absorva mais a luz e reflita menos.

### **Problema 3: Pouca intensidade luminosa nas mesas**

Soluções fonte:

- Aumentar a quantidade e/ou potência das lâmpadas, de forma a se obter a intensidade exigida por norma (entre 200 e 500 lux).

Figura 117 - Modelo de sala de aula



Fonte: Anglo Vestibulares (2017)

#### **Problema 4: Alta intensidade luminosa nas mesas - ofuscamento**

Soluções fonte:

- Para reduzir a entrada de iluminação natural no meio da sala de aula, uma solução possível seria construir brises externos, que diminuam a entrada de luminosidade natural na sala de aula.
- Cortina para a iluminação e ruído. A cortina interrompe a passagem de luz do meio externo para o interior da sala de aula. Baixo custo de implantação.
- Colocar insulfim nas janelas. Reduz a porcentagem de luz que ultrapassa a superfície da janela, reduzindo a luminosidade incidente na sala. Solução mais econômica que as outras.
- Para reduzir a entrada de iluminação no meio da sala de aula, uma solução possível seria construir brises externos, que diminuam a entrada de luminosidade natural na sala de aula.

Soluções meio:

- Utilização de lâmpadas dimerizáveis, ou seja, que é possível regular a intensidade do brilho. Este controle, além de reduzir a intensidade luminosa excessiva nas mesas, permite uma economia de energia e permite alterar a aparência visual e clima dos ambientes.
- Fiação elétrica das lâmpadas montadas paralelamente as janelas, permitindo desligar as lâmpadas mais próximas à janela.

### **Problema 5: Baixa refletância nas mesas**

Soluções fonte:

- Para aumentar a entrada de iluminação natural no meio da sala de aula, uma solução possível seria retirar o insulfilm de salas que estão com pouca luminosidade natural, aumentando entrada de luminosidade natural na sala de aula.
- Colocação de claraboias, para aumentar a passagem de luz natural para a sala de aula.

Soluções meio:

- Utilização de lâmpadas dimerizáveis, ou seja, que é possível regular a intensidade do brilho. Este controle, além de permitir aumentar a intensidade luminosa nas mesas nos horários de menor iluminação natural, permite uma economia de energia nos momentos em que a iluminação natural é maior, e permite alterar a aparência visual e clima dos ambientes.

### **Problema 6: Alta refletância nas mesas - ofuscamento**

Soluções fonte:

- Para reduzir a entrada de iluminação natural no meio da sala de aula, uma solução possível seria construir brises externos, que diminuam a entrada de luminosidade natural na sala de aula.
- Cortina para a iluminação e ruído. A cortina interrompe a passagem de luz do meio externo para o interior da sala de aula. Baixo custo de implantação.
- Colocar insulfim nas janelas. Reduz a porcentagem de luz que ultrapassa a superfície da janela, reduzindo a luminosidade incidente na sala. Solução mais econômica que as outras.
- Para reduzir a entrada de iluminação no meio da sala de aula, uma solução possível seria construir brises externos, que diminuam a entrada de luminosidade natural na sala de aula.

Soluções meio:

- Utilização de lâmpadas dimerizáveis, ou seja, que é possível regular a intensidade do brilho. Este controle, além de reduzir a intensidade luminosa excessiva nas mesas, permite uma economia de energia e permite alterar a aparência visual e clima dos ambientes.
- Fiação elétrica das lâmpadas montadas paralelamente as janelas, permitindo desligar as lâmpadas mais próximas à janela.



#### 7.4 PSICOLOGIA AMBIENTAL

Além dos problemas relatados anteriormente, existe o problema de manutenção geral do prédio e distração dos alunos, os quais acredita-se poder abordar de forma conjunta uma vez que um ambiente mais agradável poderia levar a um maior incentivo aos alunos para o estudo e para o maior cuidado com a escola.

A distração, portanto, tem que ser resolvida a nível de institucional, através de medidas como a diminuição da duração das aulas e mudança de seus formatos, projetos de modificação do ambiente e de inovação em engenharia a serem feitos no prédio com o envolvimento de alunos, ou ao menos apresentados no prédio.

Contudo, as melhorias no ambiente devem envolver mais os alunos com a faculdade e dá-se como exemplo os espaços de relaxamento dos alunos hoje disponíveis (Pró-aluno e CEC), que são no geral vistos como sujos, desorganizados e, em certos momentos, de caráter exclusivista, evitando que boa parte dos alunos use esses espaços. Por isso, acredita-se que ambientes mais livres, tranquilos, melhor cuidados, com mais cores e significados possam levar a uma interação maior dos alunos dentro e fora de aula.

## 8 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Sobre o cronograma, é válido ressaltar que salvo exceções por conta de imprevistos climáticos e de agenda de professores já comentados, o trabalho correu tranquilamente e conforme o planejado.

Tabela 65 - Cronograma de atividades

Atividades	2016	2017											
		Verão			Outono			Inverno			Primavera		
	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1. Idealização do Projeto													
2. Visitas de reconhecimento													
3. Pesquisa Bibliográfica													
4. Levantamento cadastral													
5. Elaboração do Plano de Pesquisa													
6. Elaboração do Questionário													
7. Planejamento das medições													
8. Pré-testes (medições e questionários)													
9. Medições de Inverno													
10. Análise dos Resultados de Inverno													
11. Medições de Verão													
12. Análise dos Resultados de Verão													
13. Análise dos Resultados Finais													
14. Propostas de Soluções													
15. Relatório Final													

## 9 CONCLUSÃO

Para que este trabalho fosse realizado com sucesso, foi imprescindível a colaboração de alunos e professores, tanto para a realização das medições de conforto durante as aulas, quanto para a coleta de informações sobre as sensações dos usuários por meio dos questionários, e as entrevistas com professores. A maior parte dos docentes foi extremamente colaborativa, cedendo espaço em suas aulas não somente para que as medições fossem realizadas e os questionários fossem respondidos, mas também para que o projeto pudesse ser explicado e compartilhado com os alunos. Também foi necessário contar com a colaboração da equipe do Hall Tecnológico para que os equipamentos de medição dos confortos acústico e luminoso pudessem ser utilizados nas datas estipuladas, ainda que eventuais problemas com datas de medição tenham ocorrido, levando à não-medição no meio de outubro, que possuiu temperaturas maiores que as mensuradas nos dias seguintes.

As principais dificuldades encontradas pelo grupo dizem respeito à falta de colaboração de alguns professores, que não permitiram a realização de medições ou adiaram inúmeras vezes as datas combinadas, e às condições meteorológicas registradas na cidade nos dias de medição (o plano era realizar medições de inverno em agosto/setembro e de verão em outubro/novembro, mas as condições meteorológicas descaracterizaram as medições; em muitos dias de medição do período de verão, as temperaturas registradas foram inferiores às de inverno, por exemplo). Também foram enfrentadas dificuldades durante a exposição da pesquisa do grupo na SAPO (Semana de Arte da Poli), uma vez que os banners confeccionados acabaram sendo expostos tardiamente, e, sem terem tido o cuidado devido, foram danificados de forma e por motivos desconhecidos até o momento, inviabilizando a exposição.

Com relação aos objetivos traçados pelo grupo no início do semestre, seguem algumas considerações:

- Objetivo geral: Elaborar um diagnóstico das condições do prédio com base nos problemas apontados como mais significativos pelos frequentadores (alunos, professores e funcionários), estabelecendo uma conexão com a percepção dos alunos usuários;

- O objetivo conseguiu ser atingido plenamente, uma vez que as 12 medições realizadas, conjuntamente com os questionários distribuídos e as entrevistas realizadas, permitiram que o grupo traçasse um diagnóstico dos principais problemas apontados pelos usuários e apontasse os principais comportamentos e sensações dos alunos com relação ao ambiente da Poli;
- Objetivo específico: Criar diretrizes de projeto específicas para os problemas apontados;
  - Após o diagnóstico dos principais problemas apontados, o grupo pôde levantar uma série de propostas de soluções para as salas de aula, de modo a aprimorar os confortos térmico, acústico e luminoso dos usuários;
- Objetivo específico: Identificar as preferências dos usuários com relação aos confortos térmico, acústico e luminoso, quando submetidos às mesmas condições do ambiente;
  - Os questionários distribuídos aos alunos durante as 12 medições permitiram que o grupo levantasse as principais queixas dos alunos sobre as condições físicas das salas de aula, e identificasse as condições de maior satisfação dos alunos para os confortos térmico, acústico e luminoso;
- Objetivo específico: Criar um banco de dados de medições térmicas, acústicas e luminosas realizadas em salas de aula do prédio, durante as estações de inverno e verão;
  - As 12 medições realizadas, nos períodos de agosto/setembro e outubro/novembro permitiram que o grupo criasse um banco de dados sobre as condições físicas das salas de aula (temperatura, umidade, velocidade do vento, nível de CO<sub>2</sub>, luminosidade da lousa/mesa/tela de projeção/tela do computador, nível de ruído), ainda que pouco característica das estações do ano consideradas (inverno/verão), em função das condições meteorológicas atípicas registradas nas datas de medição;
- Objetivo específico: Propor um projeto de adaptação/melhoria do prédio de Engenharia Civil com base nos resultados obtidos na pesquisa a ser realizada com a aplicação do método de Avaliação Pós-Ocupação considerando aspectos da Psicologia Ambiental;

- O grupo conseguiu aplicar com sucesso o método da APO e da Psicologia Ambiental para avaliar as principais deficiências das salas de aula do edifício, além das sensações de seus usuários; e propor soluções para os problemas mais representativos com relação aos confortos térmico/acústico/luminoso. Não houve, no entanto, tempo hábil para propor um projeto específico de adaptação/melhoria do edifício, apenas a proposição de soluções diversas para os problemas apresentados.

Nem todos os objetivos conseguiram ser atingidos plenamente, mas dentro das limitações de tempo e de alcance do trabalho, já era esperado pelo grupo que nem todos os aspectos considerados inicialmente poderiam ser abordados a fundo na pesquisa. A maior parte deles, no entanto, foi alcançada satisfatoriamente, especialmente no que concerne à elaboração de um diagnóstico sobre os confortos térmico/acústico/luminoso do ponto de vista das medições (levando em conta as normas técnicas) e do ponto de vista dos usuários (levando em conta a Psicologia Ambiental, que inclui as sensações e comportamentos dos alunos na análise), o grande diferencial deste trabalho. A principal conclusão, neste sentido, é referente à importância de se considerar a subjetividade dos usuários em uma Avaliação Pós-Ocupação, já que muitas vezes as normas não conseguem determinar a satisfação dos usuários de forma fidedigna.

A pesquisa realizada pelo grupo focou no estabelecimento de um diagnóstico sobre as condições físicas das salas de aula e as sensações dos usuários. Seria interessante, portanto, que este estudo pudesse se estender no que concerne à proposição de alternativas e projetos de melhoria para o edifício, visando ao aprimoramento dos confortos e à maximização do processo de aprendizagem, e levando em conta as premissas da Psicologia Ambiental, no que concerne aos três pilares que regem as atitudes e os comportamentos dos alunos no aprendizado (as configurações físicas do ambiente, as características pessoais e as condições sócio-organizacionais da Instituição), que devem ser igualmente considerados na proposição de soluções.

Dessa forma, apresenta-se a seguinte lista de sugestão para estudos futuros:

- Estudo comparativo do desempenho do prédio durante o período de calor no verão nos três confortos do projeto;
- Estudo de implementação das soluções sugeridas e outras;
- Estudo do efeito no desempenho acadêmico dos alunos pelas características térmicas, acústicas, luminosas e psicológicas;
- Estudo da desigualdade de gênero dentro da Poli; e
- Estudo da desestimulação dos alunos por parte da instituição e como poder reverter tal situação.

Como conclusão, tem-se que todo aprendizado gera não somente respostas, mas também dúvidas. Tais perguntas com sorte servirão de base para a multiplicação do conhecimento e horizonte de discussão dos engenheiros e serão abordadas por alunos e professores interessados de modo a promover melhorias ao ambiente politécnico, que, como diagnosticado, sofre nos três pilares estudados pela Psicologia Ambiental.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 10.1 APO

BECHTEL, Robert B.; CHURCHMAN, Arza. **Handbook of Environmental Psychology**. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2002.

ISO 6241 (1980). *Performance standards in building – Contents and presentation*.

LEITE, Brenda Chaves Coelho. **Análise do desempenho de edifícios de escritórios automatizados através da avaliação pós-ocupação**. 1997. 385 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

WEISS, C.H. (1997). **Evaluation** (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

ZIMRING, C. (2002). **Postoccupancy Evaluation: Issues and Implementation**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

### 10.2 PSICOLOGIA AMBIENTAL

BARRETO, Frederico Flósculo Pinheiro. **BEHAVIOR SETTINGS E REDES DE SETTINGS: ESTRUTURA E DINÂMICA RESIDENCIAIS NAS SUPERQUADRAS DE BRASÍLIA**. 2009. 543 f. Tese (Doutorado) - Curso de Psicologia, Processos de Desenvolvimento Humano e Saúde., Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <[http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/3927/1/2009\\_FredericoFlosculoPinheiroBarreto\\_reduzida.pdf](http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/3927/1/2009_FredericoFlosculoPinheiroBarreto_reduzida.pdf)>. Acesso em: 15 Outubro 2017.

COOPER e ZUBEK. **Effects Of Enriched And Restricted Early Environments On The Learning Ability Of Bright And Dull Rats**. 1958.

ELALI, Gleice Virginia Medeiros de Azambuja. **O ambiente da escola – o ambiente na escola: uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/epsic/v8n2/19047.pdf>>. Acesso em 25 de Junho de 2017.

ELALI, Gleice Virginia Medeiros de Azambuja. **Ambientes para educação infantil: um quebra-cabeça? Contribuição metodológica na avaliação pós-ocupação de edificações e na elaboração de diretrizes para projetos arquitetônicos na área.** 2002. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidad de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-10032010-141853/es.php>>. Acesso em 10 de Outubro de 2017.

FOUCAULT, Michel. **Surveiller et punir.** Editions Gallimard, 1975.

GIFFORD, Robert. **Environmental Psychology : Principles and Practice.** Colville,WA: Optimal Books, 2002.

GHUNTHER H. (2003). *Como Elaborar um Questionário* (Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, No 01). Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental.

LUZ, Maria de Lourdes Santiago *et al.* **A influência da estrutura e ambientes ergonômicos no desempenho educacional.** XII SIMPEP – Bauru, 2005. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_12/copiar.php?arquivo=LUZ\\_MLS\\_Ainfluenciaestrutura.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=LUZ_MLS_Ainfluenciaestrutura.pdf)>. Acesso em 25 de Junho de 2017.

MELATTI, Sheila Pérsia do Prado Cardoso. **A arquitetura escolar e a prática pedagógica.** UDESC/SOCIESC, 2004. Disponível em: <<http://www.tede.udesc.br/bitstream/handle/2179/1/SheilaPercia.pdf>>. Acesso em 25 de Junho de 2017.

MELO, Rosane Gabriele C. de. **Psicologia ambiental: uma nova abordagem da psicologia.**



Psicol. USP, São Paulo, v. 2, n. 1-2, p. 85-103, 1991. Disponível em <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-51771991000100008&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-51771991000100008&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 03 de Maio 2017.

RIBEIRO, S. L. **Espaço Escolar: Um elemento (in)visível no currículo**. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2004. Disponível em: <[http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/31/espaco\\_escolar.pdf](http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/31/espaco_escolar.pdf)>. Acesso em 25 de Junho de 2017.

SANTANA, Tatiane Menezes. **A relação da arquitetura escolar com a aprendizagem**. IV Colóquio Internacional de Educação e Contemporaneidade, 2010.

SANTOS, Edlane Leal dos. **Psicologia Ambiental: Concepções e Métodos de Trabalho**. 2011. TCC (Graduação) - Curso de Psicologia, Centro Universitário Jorge Amado, Salvador, 2011. Disponível em: <<https://psicologado.com/atuacao/psicologia-ambiental/psicologia-ambiental-concepcoes-e-metodos-de-trabalho>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

WEINSTEIN, C. **The physical environment of the school: A review of the research**, 1979, Review of Educational Research, 49, pp. 577-610.

WOLLIN, D. D., & MONTAGNE, M. **College classroom environment: Effects of sterility on student and teacher performance**. 1981, Environment and Behavior, 13, pp.707-716.

### 10.3 CONFORTO TÉRMICO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro, 2008.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. Mc Graw-Hill Inc, US. 1973.

PINTO, Joana Azevedo Ferreira Ribeiro. **Avaliação do Comportamento Higrotérmico de uma Habitação através de Medições “In Situ”**. 2009. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58294/1/000136761.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Condições de conforto térmico para estudantes de segundo grau na região de Florianópolis**. 1999. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/268377215>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

#### 10.4 CONFORTO ACÚSTICO

AMORIM, Adriana; LICARIÃO, Carolina. **Introdução ao Conforto Ambiental**: Campinas: FEC-UNICAMP, 2005. Color. Disponível em: <[http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042\\_05/TIDIA-ae\\_TopicoA\\_mat-apoio\\_S03\\_C-Acustico.pdf](http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042_05/TIDIA-ae_TopicoA_mat-apoio_S03_C-Acustico.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2000.

CREMONESI, José Fernando. **Acústica Urbana**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2013. Color. Disponível em: <[http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq\\_urbanismo/disciplinas/aut0278/Acustica\\_Urban\\_a\\_e\\_Barreiras.pdf](http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0278/Acustica_Urban_a_e_Barreiras.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2017.

GUIDINI, Rafaela Fernanda et al . Correlações entre ruído ambiental em sala de aula e voz do professor. **Rev. soc. bras. fonoaudiol.**, São Paulo , v. 17, n. 4, p. 398-404, Dec. 2012 . Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/39992/S1516-80342012000400006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 18 Abr. 2017.

IKEDA, Cristina Yukari Kawakita; ONO, Rosaria; VITTORINO, Fulvio. **Elaboração de questionário como ferramenta auxiliar na avaliação do conforto acústico em escolas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016. Disponível em <[http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016\\_paper\\_324.pdf](http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_324.pdf)>. Acesso em 19 abr. 2017

SANTOS, Juliana Feitosa dos; SELIGMAN, Lilian; TOCHETTO, Tania Maria. Conforto acústico na percepção de escolares alfabetizados. **Rev. soc. bras. fonoaudiol.**, São Paulo , v. 17, n. 3, p. 254-259, 2012 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-80342012000300004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-80342012000300004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 18 Abr. 2017.

## 10.5 CONFORTO LUMINOSO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4: Iluminação Natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminação de Interiores**. Rio de Janeiro, 1991.

BERTOLOTI, Dimas. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-141031/en.php#referencias>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Como usar o Luxímetro**. São Paulo: Curso de Conforto Ambiental e Conservação

de Energia (CECACE), 2006. Color. Disponível em:

<[http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0213/022\\_Cecace\\_2006\\_como\\_Usar\\_o\\_Luximetro.pdf](http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0213/022_Cecace_2006_como_Usar_o_Luximetro.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2017.

IESNA – Illuminating Engineering Society of North America. IES Lighting Handbook. 9th edition. New York: IESNA, 2000

MORENO, Vany Patrick Cortez. **Estratégias para obtenção de adequada iluminação natural em escolas: uma análise de sistemas de aberturas para Natal/RN**. 2015. 121f.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em:

<<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/19932>>. Acesso em: 20 abr. 2017

## 10.6 CONTEXTO POLITÉCNICO

BIBLIOTECAS DA ESCOLA POLITÉCNICA. **História**. Disponível em:

<<http://www.lsi.usp.br/~tesuzuki/biblos/historia.html>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **História da**

**Polí**. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/pt/a-poli/historia/historia-da-poli.html>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

GONÇALVES, Mariana. “USP não está próxima de lugar nenhum”, diz geógrafo. **Jornal do Campus**. São Paulo. 28 abr. 2017. Disponível em:

<<http://www.jornaldocampus.usp.br/index.php/2017/04/usp-nao-esta-proxima-de-lugar-nenhum-diz-professor-do-ieb/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

INFORMATIVO ARQUIVO HISTÓRICO MUNICIPAL. **Edifício Ramos de Azevedo:**

**Histórico**. Disponível em: <<http://www.arquiamigos.org.br/info/info21/i-edhist.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **80 anos de excelência**. Disponível em:

<<http://www5.usp.br/institucional/a-usp/historia/>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

## 10.7 SOLUÇÕES

ACOUSTICSFREQ. **Sound-Absorbing Drapery: Theory & Application**. 2012. Disponível em: <<http://acousticsfreq.com/sound-control-acoustic-curtain/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ANGLO VESTIBULARES. **SALAS DE AULA E DE ESTUDO**. Disponível em: <<http://www.anglovestibulares.com.br/lorena-instalacoes.php>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BATISTA, Gabriel. **Ventilação cruzada, você sabe o que é?** 2014. Disponível em: <<http://www.setorvidreiro.com.br/noticias/59/ventilacao+cruzada+voce+sabe+o+que+e>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

BLOG TESTO DO BRASIL. **Excesso de CO2 no ambiente de trabalho**. Disponível em: <<http://testobrasil.com.br/blog/excesso-de-co2-no-ambiente-de-trabalho/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

CANALTECH. **Conheça a Nanosound, a tinta que isola barulho**. 2012. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/produtos/Conheca-o-Nanosound-a-tinta-que-isola-barulho/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CHAO, Julie. **Elevated Indoor Carbon Dioxide Impairs Decision-Making Performance**. 2012. Disponível em: <<http://newscenter.lbl.gov/2012/10/17/elevated-indoor-carbon-dioxide-impairs-decision-making-performance/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

ELOÍSA E A CULTURA DIGITAL. **Nossa Realidade... Retrato da Escola**. 2014. Disponível em: <<http://cursistaseloisa.blogspot.com.br/2014/10/nossa-realidade-retrato-da-escola.html>>. Acesso em: 30 out. 2017.

FARGON. **Desumidificador de Ar Ambiente - Características Técnicas**. Disponível em: <[http://www.fargon.com.br/desumidificador\\_info.htm](http://www.fargon.com.br/desumidificador_info.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

GUIA CONSTRUIR E REFORMAR. **Vedação de janelas com selante**. 2013. Disponível em: <[http://guiaconstruirereformar.com.br/noticia\\_6483-veda\\_o\\_de\\_janelas\\_com\\_selante\\_.htm](http://guiaconstruirereformar.com.br/noticia_6483-veda_o_de_janelas_com_selante_.htm)>. Acesso em: 30 out. 2017

HTEC. **Salas de Aula e Treinamento**. Disponível em: <<http://www.htecautomacao.com.br/servicos/corporativos/salas-de-aula-e-treinamento/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ISTO É DINHEIRO. **Uma casa muito engraçada (e ecológica)**. Disponível em: <<https://www.istoedinheiro.com.br/noticias/sustentabilidade/20120523/uma-casa-muito-engracada-ecologica/1548>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

LEROY MERLIN. **Aquecedor e Desumidificador Termoventilador 127V (110V) Nilko**. Disponível em: <[https://www.leroymerlin.com.br/aquecedor-e-desumidificador-termoventilador-127v--110v---nilko\\_87909773](https://www.leroymerlin.com.br/aquecedor-e-desumidificador-termoventilador-127v--110v---nilko_87909773)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

LEROY MERLIN. **Ventilador de Parede Ventisilva**. Disponível em: <[https://www.leroymerlin.com.br/ventilador-de-parede-65cm-bivolt-preto-ventisilva\\_88480133](https://www.leroymerlin.com.br/ventilador-de-parede-65cm-bivolt-preto-ventisilva_88480133)>. Acesso em: 10 nov. 2017.

LICEU SABIN. **Salas de Aula**. Disponível em: <<http://www.liceuasabin.br/medio/unidade/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

MADEIRA MADEIRA. **Piso de Borracha Pastilhado em Manta**. Disponível em: <<https://www.madeiramadeira.com.br/piso-de-borracha-pastilhado-em-manta-isabela-revestimentos-2mm-x-1-30m-x-15m-m2-94544.html>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

PINTA ACOUSTIC. **The Science of Better Acoustics**. 2013. Disponível em: <[http://www.pinta-acoustic.com/cms/upload/Download-PDFs/Designed\\_Acoustic/Better\\_AcousticsPDF/0463\\_BetterAcoustic\\_WhtPaper\\_v3.pdf](http://www.pinta-acoustic.com/cms/upload/Download-PDFs/Designed_Acoustic/Better_AcousticsPDF/0463_BetterAcoustic_WhtPaper_v3.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2017.

PORTAL DA ACUSTICA. **Cortina Acústica**. Disponível em: <<https://www.portaldaacustica.com.br/categoria/1/56/cortina-acustica>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

PRO-ACÚSTICA. **Cortina Completa**. Disponível em: <<http://www.proacustica.com.br/cortina-completa/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

QUATRO RODAS. **A recirculação do ar-condicionado pode causar sonolência?** 2017. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/a-recirculacao-do-ar-condicionado-pode-causar-sonolencia/>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

RUTHERFORD, Casey. **Reluctant Participants and Board Meetings**. 2014. Disponível em: <<https://learningandphysics.wordpress.com/tag/modeling/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

SANTOS, Altair. **Bom ensino começa pela arquitetura de uma escola.** 2011. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/bom-ensino-comeca-pela-arquitetura-de-uma-escola/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

SAVCHUK, Katia. **Your Brain on Carbon Dioxide: Research Finds Even Low Levels of Indoor CO2 Impair Thinking.** 2016. Disponível em: <<https://alumni.berkeley.edu/california-magazine/summer-2016-welcome-there/your-brain-carbon-dioxide-research-finds-even-low>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

WAGNER, Kyle. **How Much Technology Would You Trade For Air Conditioning?** 2013. Disponível em: <<https://www.gizmodo.com.au/2013/01/how-much-technology-would-you-trade-for-air-conditioning/>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ZAP. **Funcionais, tintas podem ser usadas como isolantes térmico e acústico.** 2015. Disponível em: <<https://revista.zapimoveis.com.br/funcionais-tintas-podem-ser-usadas-como-isolantes-termico-e-acustico/>>. Acesso em: 10 nov. 2017



## **11 APÊNDICES**

### **11.1 APO**

#### **11.1.1 RESUMO DAS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS PASSADOS NAS SALAS:**

<https://drive.google.com/open?id=1oWizDIPLZFiTx2876SBK2tOsmv9mXJOp>

#### **11.1.2 MATRIZ COMPLETA COM AS RESPOSTAS DOS QUESTIONÁRIOS PASSADOS NAS SALAS:**

<https://drive.google.com/open?id=1312OKMVPatRnWgpdur-sA0meMaC86ENf>

#### **11.1.3 RESUMO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO ONLINE:**

<https://drive.google.com/open?id=1H55MJq04zr6JAHRD1wNhF0SyxPBDTbHk>

#### **11.1.4 RESUMO DO PROJETO:**

<https://drive.google.com/open?id=1gva3VSOpFvuXU7gz0nTTA-xGEQvu5J>

### **11.2 PSICOLOGIA AMBIENTAL**

#### **11.2.1 PÔSTER PARA A EXPOSIÇÃO DE PSICOLOGIA AMBIENTAL – PLANTAS DO EDIFÍCIO:**

[https://drive.google.com/open?id=1e0s0Lgzj1l8Pj\\_2kI8t-vWIjAmZ5fdq5](https://drive.google.com/open?id=1e0s0Lgzj1l8Pj_2kI8t-vWIjAmZ5fdq5)

#### **11.2.2 PÔSTER PARA A EXPOSIÇÃO DE PSICOLOGIA AMBIENTAL – FOTOS ANTIGAS DO EDIFÍCIO:**

[https://drive.google.com/open?id=1ii\\_jBo7-VvDCFH8l2GPkeKRoxQiCs\\_J5](https://drive.google.com/open?id=1ii_jBo7-VvDCFH8l2GPkeKRoxQiCs_J5)

#### **11.2.3 PÔSTER PARA A EXPOSIÇÃO DE PSICOLOGIA AMBIENTAL – FOTOS ATUAIS DO EDIFÍCIO:**

[https://drive.google.com/open?id=16qMtNIt51SNTBKdYb\\_cPBf-hYm8FSYoP](https://drive.google.com/open?id=16qMtNIt51SNTBKdYb_cPBf-hYm8FSYoP)

### **11.3 CONFORTO TÉRMICO**

#### **11.3.1 ANÁLISE PELA NBR 16401 - TEMPERATURA, UMIDADE E CO<sub>2</sub>:**

[https://drive.google.com/open?id=1k\\_tCOAq2IxudswtgnWO8KGSBaUHBjgnd](https://drive.google.com/open?id=1k_tCOAq2IxudswtgnWO8KGSBaUHBjgnd)

#### **11.3.2 ANÁLISE TÉRMICA POR FANGER:**

<https://drive.google.com/open?id=1BLdbe6wZ2IIVTYSvzrO0wCLxazlbqEUR>

### **11.3.3 ANÁLISE DO CO<sub>2</sub> PELO TEMPO:**

[https://drive.google.com/open?id=1DmgeD1Gve1Y\\_tDJD\\_YSxjjapkMT4i1Tf](https://drive.google.com/open?id=1DmgeD1Gve1Y_tDJD_YSxjjapkMT4i1Tf)

## **11.4 CONFORTO ACÚSTICO**

### **11.4.1 ANÁLISE PELA NBR 10152 – INTENSIDADE SONORA:**

<https://drive.google.com/open?id=1ODuzmliTb7uwsOTqEvX36b6s1q671agB>

## **11.5 CONFORTO LUMINOSO**

### **11.5.1 ANÁLISE PELA NBR 5413 – ILUMINÂNCIA E REFLETÂNCIA:**

<https://drive.google.com/open?id=1d2M9qlBFWDCyaQUc5zTcZnnvDssXaF47>