

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO
AMBIENTE ESCOLAR: O IMPACTO DO
OFUSCAMENTO EM CRIANÇAS NAS SALAS DE AULA
DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOÃO PESSOA**

Tainá Gomes dos Santos Costa

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – PPGECA

LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL - LABCON



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – PPGECAAM
LABORATÓRIO DE CONFORTO – LABCON / UFPB

**A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE
ESCOLAR: O IMPACTO DO OFUSCAMENTO EM CRIANÇAS
NAS SALAS DE AULA DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOÃO
PESSOA**

Por

Tainá Gomes dos Santos Costa

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba
como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestra*

João Pessoa – Paraíba

Março de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – PPGECAM
LABORATÓRIO DE CONFORTO – LABCON / UFPB

**A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE
ESCOLAR: O IMPACTO DO OFUSCAMENTO EM CRIANÇAS
NAS SALAS DE AULA DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOÃO
PESSOA**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade Federal da Paraíba,
como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestra.

Tainá Gomes dos Santos Costa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Solange Maria Leder

João Pessoa – Paraíba

Março de 2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838i Costa, Tainá Gomes dos Santos.

A influência da iluminação natural no ambiente escolar : o impacto do ofuscamento em crianças nas salas de aula de escolas municipais de João Pessoa / Tainá Gomes dos Santos Costa. - João Pessoa, 2022.
183 f. : il.

Orientação: Solange Maria Leder.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Iluminação natural. 2. Ofuscamento. 3. Conforto lumínico. 4. Escolas. I. Leder, Solange Maria. II. Título.

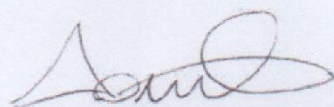
UFPB/BC

CDU 628.92 (043)

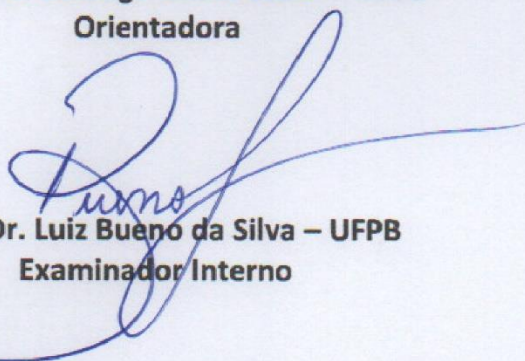
"A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE ESCOLAR: O IMPACTO DO OFUSCAMENTO EM CRIANÇAS NAS SALAS DE AULA DE ESCOLAS MUNICIPAIS DE JOÃO PESSOA"

TAINÁ GOMES DOS SANTOS COSTA
Dissertação aprovada em 31 de março de 2022

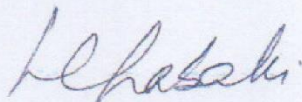
Período Letivo: 2021.2



Profa. Dra. Solange Maria Leder – UFPB
Orientadora



Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva – UFPB
Examinador Interno



Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki – UNICAMP
Examinadora Externa

Dedico a painho e mainha.

AGRADECIMENTOS

À professora Solange, pela orientação, disponibilidade, atenção e auxílio diante da mudança de rumo que a pesquisa tomou durante a pandemia.

Ao professor Erivaldo Lopes, pelo curso de estatística, pela didática e paciência e por todas as orientações para o desenvolvimento da análise estatística deste trabalho.

A Mayara, por todo o acolhimento com as dúvidas sobre estatística e por sua maneira genial de compartilhar conhecimentos.

Ao professor Anderson Claro, da UFSC, por toda a disponibilidade, auxílio e rapidez nas respostas com as dúvidas referentes ao programa APOLUX.

Aos colegas do LabCon/UFPB que tornaram essa etapa mais leve, em especial a Lili, Eliangel, Isis, Giu e Mayara (mais uma vez).

À Luana, pelo compartilhamento de dados para que pudesse dar prosseguimento à minha pesquisa em meio à pandemia.

A Pompilho e Lilith pela presença, carinhos e confiança. A Estef pelas risadas e brincadeiras diárias. E a Micael pelo afeto, paciência e toda a paz.

Aos queridos amigos de desabafos pessoais e acadêmicos: Hilton, Lais, Maria Rita, Maria Côca e Arthrough.

E à Capes, pela oportunidade de recebimento de bolsa.

RESUMO

O ofuscamento é uma perturbação visual causada quando uma parte de um ambiente tem excesso de luz se comparada à outra parte, sendo um incômodo frequente em ambientes escolares. A não uniformidade na distribuição da iluminância e outros fatores, resultam em problemas com ofuscamento que podem ocasionar desde sensações incômodas a prejuízos no aprendizado das crianças. Como a percepção visual acaba sendo subjetiva, há uma lacuna nos estudos envolvendo iluminação, principalmente com crianças. O objetivo geral deste trabalho é avaliar o conforto visual de crianças em salas de aula de três escolas de ensino fundamental em João Pessoa, segundo suas diferentes posições nas carteiras, em horários distintos. A pesquisa foi desenvolvida a partir de simulações computacionais de iluminação no programa Apolux IV, dando ênfase às salas de aula das escolas, e a partir de análises comparativas com levantamento de dados *in loco*, utilizando modelos lineares generalizados de acordo com os dados levantados. As salas com valores mais significativos de iluminância estavam com as aberturas voltadas para noroeste e sudeste, e os resultados confirmam que as posições mais próximas ao quadro, as posições ao lado da janela e as opostas à abertura, causam um maior contraste no campo visual e uma consequente maior possibilidade de sensação de ofuscamento. Conclui-se que a posição dos alunos em sala e a incidência da luz no quadro e nas carteiras provocam contrastes visuais devido à heterogeneidade da iluminância. Para a obtenção de maior conforto visual é necessário um ambiente com uma iluminância mais homogênea, principalmente na área frontal das salas de aula e ao lado da janela, de forma a reduzir os desconfortos causados pelos contrastes da iluminação.

Palavras-chave: Iluminação natural, ofuscamento, conforto lumínico, escolas.

ABSTRACT

Glare is a visual disturbance caused when one part of a place has excess light compared to the other part, being a frequent nuisance in school environments. The non-uniformity in the distribution of illuminance and other factors, result in problems with glare that can cause from uncomfortable sensations to impairments in children's learning. As visual perception is subjective, there is a gap in studies involving lighting, especially with children. The general objective of this work is to evaluate the visual comfort of children in classrooms of three elementary schools in João Pessoa, according to their different positions in the desks, at different times. The research was developed from computer simulations of lighting in the Apolux IV program, with emphasis on school classrooms, and from comparative analyzes with in loco data collection, using generalized linear models according to the data collected. The rooms with the most significant illuminance values had the openings facing northwest and southeast, and the results confirm that the positions closer to the blackboard, the positions next to the window and those opposite the opening, cause greater contrast in the visual field. and a consequent greater possibility of a sensation of glare. It is concluded that the students' position in the classroom and the incidence of light on the board and desks cause visual contrasts due to the heterogeneity of illuminance. In order to obtain greater visual comfort, an environment with a more homogeneous illuminance is necessary, especially in the front area of the classrooms and next to the window, in order to reduce the discomfort caused by the contrasts of lighting.

Keywords: Natural lighting, glare, light comfort, schools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de ambientes com diferentes níveis de iluminação	9
Figura 2 - Modelo de Conforto Visual	10
Figura 3 - Preferências das crianças das vistas de janelas.....	14
Figura 4 - Relação entre a luz natural e as dimensões do ambiente.....	17
Figura 5 - Exemplo de um datalogger	21
Figura 6 - Principais tipos de céu	22
Figura 7 - Exemplo de simulação no programa DIVA	24
Figura 8 - Planta baixa do pavimento térreo das escolas padrão.....	25
Figura 9 - Planta baixa do pavimento superior das escolas padrão	26
Figura 10 - Planta de coberta das escolas padrão	26
Figura 11 - Cortes esquemáticos das escolas.....	26
Figura 12 – Síntese dos resultados de Quirino (2018) - Escola A.....	31
Figura 13 - Síntese dos resultados de Quirino (2018) - Escola B.....	31
Figura 14 - Síntese dos resultados de Quirino (2018) - Escola C	32
Figura 15 - Parâmetros de localização no APOLUX IV	38
Figura 16 - Materiais e propriedades no APOLUX IV	39
Figura 17 - Níveis do projeto no Módulo Fractal.....	39
Figura 18 - Modelo após fracionamento no Módulo Fractal	41
Figura 19 - Parâmetros da Abóbada no Módulo Fóton	42
Figura 20 – Modelo da escola A após cálculos de visibilidade e radiosidade ..	42
Figura 21 - Esquema das simulações feitas por escola	45
Figura 22 - Iluminação artificial das salas	46
Figura 23 - Localização das escolas no Município de João Pessoa - PB	53
Figura 24 - Expansão urbana do entorno da escola A	54
Figura 25 - Expansão urbana do entorno da escola B	54
Figura 26 - Expansão urbana do entorno da escola C	55
Figura 27 - Escola Municipal Chico Xavier (escola A).....	56
Figura 28 – Diagramas solares das salas A1 e A2.....	57
Figura 29 - Escola Municipal Leonel Brizola (escola B)	57
Figura 30 - Diagramas solares das salas B1 e B2	58
Figura 31 - Escola Municipal Radegundis Feitosa (escola C)	58

Figura 32 - Diagramas solares das salas C1 e C2	59
Figura 33 - Localização dos alunos e sensores nas análises.....	66
Figura 34 - Gráficos de campo A1M-inicial	68
Figura 35 - Gráficos de campo A1Q-inicial.....	68
Figura 36 - Gráficos de campo A2M-inicial	70
Figura 37 - Gráficos de campo A2Q-inicial.....	70
Figura 38 - Gráficos de campo A1M-atual.....	71
Figura 39 - Gráficos de campo A1Q-atual.....	72
Figura 40 - Gráficos de campo A2M-atual.....	72
Figura 41 - Gráficos de campo A2Q-atual.....	73
Figura 42 - Gráficos de campo B1M-inicial	75
Figura 43 - Gráficos de campo B1Q-inicial.....	75
Figura 44 - Gráficos de campo B2M-inicial	76
Figura 45 - Gráficos de campo B2Q-inicial.....	76
Figura 46 - Gráficos de campo B1M-atual.....	77
Figura 47 - Gráficos de campo B1Q-atual.....	78
Figura 48 - Gráficos de campo B2M-atual.....	79
Figura 49 – Gráficos de campo B2Q-atual	79
Figura 50 - Gráficos de campo C1M-inicial	81
Figura 51 - Gráficos de campo C1Q-inicial	82
Figura 52 - Gráficos de campo C2M-inicial	82
Figura 53 - Gráficos de campo C2Q-inicial	83
Figura 54 - Gráficos de campo C1M-atual	84
Figura 55 - Gráficos de campo C1Q-atual.....	84
Figura 56 - Gráficos de campo C2M-atual	85
Figura 57 - Gráficos de campo C2Q-atual.....	86
Figura 58 - Gráfico ofusamb.....	92
Figura 59 – Gráfico ofussolqua	93
Figura 60 – Gráfico ofusmesa	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores fundamentais no projeto de iluminação natural.....	16
Tabela 2 - Tipos de céu da CIE.....	19
Tabela 3 - Caracterização dos alunos.....	28
Tabela 4 - Percepções e preferências dos alunos	28
Tabela 5 - Problemas visuais dos alunos.....	29
Tabela 6 - Desconfortos visuais nos alunos.....	30
Tabela 7 - Resumo da revisão sistemática.....	35
Tabela 8 - Níveis de refletância e fracionamento dos materiais	40
Tabela 9 – Condições do levantamento in loco de Quirino (2018)	44
Tabela 10 - Códigos das simulações	47
Tabela 11 - Contraste de luminância nos gráficos de campo.....	65
Tabela 12 - Simulações de incidências de iluminância nos quadros das salas	87
Tabela 13 - Iluminância dos planos de trabalho - Escola A.....	88
Tabela 14 - Iluminância dos planos de trabalho - Escola B.....	89
Tabela 15 - Iluminância dos planos de trabalho - Escola C	90
Tabela 16 - Variável ofusamb.....	91
Tabela 17 - Variável ofussolqua	93
Tabela 18 - Variável ofusmesa.....	94
Tabela 19 - Resumo Caracterização das Escolas.....	96
Tabela 20 - Resumo Simulações Dinâmicas.....	98
Tabela 21 - Resumo Simulações Estáticas.....	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASE – *Annual Solar Exposure* (Exposição Solar Anual)

AUC – Área Sobre a Curva

CIE – *Comission Internationale de l'Eclairage*

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

EALN – Estimativa Anual de Luz Natural

EMEF – Escola Municipal de Ensino Fundamental

FUNDESCOLA – Fundo de Fortalecimento da Escola

GLM – Modelo Linear Generalizado

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

ISO – *International Organization for Standardization*

MEC – Ministério da Educação

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

PB – Paraíba

UDI – *Useful Daylight Illuminance* (Iluminância Útil da Luz Natural)

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

A-inicial – Escola A na situação inicial

A-atual – Escola A na situação Atual

B-inicial – Escola B na situação inicial

B-atual – Escola B na situação Atual

C-inicial – Escola C na situação inicial

C-atual – Escola C na situação Atual

A1M-inicial – Sala A1 na situação inicial no momento das Medições

A1Q-inicial – Sala A1 na situação inicial no momento dos Questionários

A2M-inicial – Sala A2 na situação inicial no momento das Medições

A2Q-inicial – Sala A2 na situação inicial no momento dos Questionários

A1M-atual – Sala A1 na situação atual no momento das Medições

A1Q-atual – Sala A1 na situação atual no momento dos Questionários

A2M-atual – Sala A2 na situação atual no momento das Medições

A2Q-atual – Sala A2 na situação atual no momento dos Questionários

B1M-inicial – Sala B1 na situação inicial no momento das Medições

B1Q-inicial – Sala B1 na situação inicial no momento dos Questionários

B2M-inicial – Sala B2 na situação inicial no momento das Medições

B2Q-inicial – Sala B2 na situação inicial no momento dos Questionários

B1M-atual – Sala B1 na situação atual no momento das Medições

B1Q-atual – Sala B1 na situação atual no momento dos Questionários

B2M-atual – Sala B2 na situação atual no momento das Medições

B2Q-atual – Sala B2 na situação atual no momento dos Questionários

C1M-inicial – Sala C1 na situação inicial no momento das Medições

C1Q-inicial – Sala C1 na situação inicial no momento dos Questionários

C2M-inicial – Sala C2 na situação inicial no momento das Medições

C2Q-inicial – Sala C2 na situação inicial no momento dos Questionários

C1M-atual – Sala C1 na situação atual no momento das Medições

C1Q-atual – Sala C1 na situação atual no momento dos Questionários

C2M-atual – Sala C2 na situação atual no momento das Medições

C2Q-atual – Sala C2 na situação atual no momento dos Questionários

D1 – Quadrante distante da janela, na fileira mais próxima ao quadro

D2 - Quadrante distante da janela, na fileira intermediária

D3 - Quadrante distante da janela, na fileira do fundo da sala

M1 - Quadrante intermediário, na fileira mais próxima ao quadro

M2 - Quadrante intermediário, na fileira intermediária

M3 - Quadrante intermediário, na fileira do fundo da sala

P1 - Quadrante próximo à janela, na fileira mais próxima ao quadro

P2 - Quadrante próximo à janela, na fileira intermediária

P3 - Quadrante próximo à janela, na fileira do fundo da sala

FxE – foco x ergorama (foco x ergo)

ExP – ergorama x panorama (ergo x pan)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.1.1. Objetivo Geral.....	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA.....	4
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1. A SAÚDE E A LUZ DO DIA	7
2.2. AS CRIANÇAS, AS ESCOLAS E O SEU ENTORNO	11
2.3. MÉTRICAS DE ILUMINAÇÃO	15
2.4. SIMULAÇÕES DO DESEMPENHO LUMÍNICO	20
2.5. ESCOLAS OBJETO DE ANÁLISE	24
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
3.1. REVISÃO DA LITERATURA.....	33
3.2. LEVANTAMENTO DO OBJETO DE ANÁLISE	35
3.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – APOLUX IV	36
3.4. ANÁLISE DOS DADOS	44
4. RESULTADOS	52
4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS	52
4.2. SIMULAÇÕES DINÂMICAS.....	59
4.2.1. Escola A	60
4.2.2. Escola B	61
4.2.3. Escola C	62
4.2.4. Situação Atual x Situação Inicial	63
4.3. SIMULAÇÕES ESTÁTICAS E PERCEPÇÕES DOS ALUNOS.....	64
4.3.1. Escola A	67

4.3.2. Escola B	74
4.3.3. Escola C	80
4.3.4. Levantamento Simulado x Levantamento <i>In loco</i>	87
4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	91
5. DISCUSSÕES	96
6. CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES	111
APÊNDICE A – GRÁFICOS SIMULAÇÕES DINÂMICAS	111
APÊNDICE B – GRÁFICOS SIMULAÇÕES ESTÁTICAS	126
APÊNDICE C – DADOS ESTATÍSTICOS	145

1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde - OMS considera que o termo “saúde” não se refere apenas à ausência de doenças, mas a um estado de bem-estar físico, mental e social das pessoas. Esse bem-estar, apesar de ser algo sentido internamente, no geral é influenciado por fatores externos ao indivíduo. O grande tempo de permanência ao longo do dia em ambientes fechados tem sido estudado por afetar diretamente a saúde da população (BOUBEKRI, 2008). A Síndrome do Edifício Doente foi definida pela OMS como sendo um conjunto de doenças que afeta os usuários de locais com ventilação e iluminação inadequadas, e que permanecem tempo excessivo em ambientes fechados.

As edificações devem ser projetadas de forma a adaptar-se ao clima local, e utilizar as potencialidades e características da região ao seu favor, de acordo com a NBR 15220/3: 2005. Entretanto, muitas vezes a iluminação natural é substituída pela artificial e as salas condicionadas artificialmente têm sido preferidas no lugar das salas com ventilação natural, e ainda assim, os ambientes nem sempre apresentam condições de conforto adequadas ao ser humano trazendo impactos sobre o bem estar e a saúde dos usuários (ARIES *et al.* 2015).

Outro ponto que deve ser considerado é que, com o passar dos anos, as necessidades das pessoas nos ambientes acabam mudando. Seja por questões tecnológicas (como a utilização de computadores ou outros equipamentos com telas) ou funcionais (como quando um local destinado a uma atividade específica dá lugar à realização de outras atividades), as edificações também devem adaptar-se a essas novas realidades.

A pandemia causada pelo novo coronavírus tem trazido à tona a contradição entre edificações e espaços públicos que perderam totalmente sua vitalidade durante o estado de quarentena, como os edifícios comerciais, e os locais que passaram a ser utilizados para desempenhar uma quantidade bem maior de tarefas, como as casas e os apartamentos. Quartos, salas e outros cômodos residenciais tiveram que ser readaptados para acolher tarefas de trabalho, de estudo e de lazer de forma confortável, produtiva e funcional (MATOSO, 2021).

Segundo Sennet (2020), um dos efeitos do novo coronavírus será criar novas perspectivas para o urbanismo. Permanece o questionamento do que continuará modificado e o que voltará a ser como antes após o controle da pandemia, e torna relevante essa necessidade das edificações e dos espaços públicos continuarem em permanente estado de adaptação por seus usuários, como também ressalta a importância de ambientes ventilados e com boa iluminação natural, que dificultam o contágio e a proliferação de doenças.

Para Kowaltowski (2011), tanto o bem-estar fisiológico quanto psicológico de crianças e adultos confinados por muito tempo em espaços fechados depende da exposição adequada à luz natural, entretanto, devido ao ganho de calor, em ambientes de ensino são necessários cuidados especiais com a entrada de luz solar, principalmente em locais de clima quente. Esses cuidados especiais, na maioria das vezes acabam sendo ignorados, e soluções como o uso intensivo do ar-condicionado e da iluminação artificial são muitas vezes adotadas para o controle da temperatura, da iluminação e o bloqueio do ruído externo.

O ofuscamento, definido por Nissola (2005) como uma perturbação visual que acontece quando uma parte do ambiente é muito mais clara que o restante, é um desses incômodos, sendo um problema frequente em salas de aula. Tanto o excesso de luz quanto a falta causam incômodos visuais. Segundo Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966), existe maior tolerância para níveis de ofuscamento proveniente de iluminação natural do que de iluminação artificial.

Já de acordo com a NBR 8995-1 (2013), a sensação causada pelo excesso de áreas brilhantes ou pelo excesso de diferenças de luminância dentro do campo visual denomina-se ofuscamento, que pode ser de dois tipos: inabilitador ou desconfortável. O ofuscamento inabilitador provoca na visão uma carência visual direta, já o ofuscamento desconfortável causa perturbação, prejudicando o bem-estar do indivíduo.

Kowaltowski (2011) relata que problemas de ofuscamento são comuns em escolas brasileiras, assim como não há uma uniformidade na distribuição da luminância na maioria das salas, e, geralmente há uma padronização na quantidade de lâmpadas, independentemente do tamanho das salas de aula.

Esta pesquisa tem o objetivo inicial de dar continuidade ao trabalho desenvolvido no Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon) da UFPB, fazendo parte do Projeto Universal aprovado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ. *A priori*, haveria a ampliação do número de indivíduos e escolas analisadas, contudo, devido ao isolamento social, consequência da pandemia do novo coronavírus a atividade de campo foi suspensa e simulações computacionais foram realizadas no lugar das medições *in loco*. Dessa forma, foram utilizados dados levantados *in loco* da pesquisa que havia sido realizada inicialmente no LabCon para efeito de comparação de dados.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar condições de conforto visual em salas de aula de três escolas de ensino fundamental em João Pessoa, PB, considerando diferentes posições dos usuários nas carteiras.

1.1.2. Objetivos Específicos

- (i) Analisar a iluminação em salas de aula, de escolas de ensino fundamental construídas a partir de um projeto padrão, ao longo do ano, a partir de simulações computacionais dinâmicas;
- (ii) Confrontar os resultados sobre ofuscamento das simulações computacionais estáticas nas salas de aula com as respostas dos usuários sobre suas percepções e sensações a respeito de incômodos visuais e outros sintomas físicos indesejáveis;

- (iii) Analisar estatisticamente a compatibilidade entre resultados obtidos por simulações computacionais estáticas do modelo de projeto da situação atual da escola e respostas dos questionários.

1.2. HIPÓTESE E JUSTIFICATIVA

A luz natural é responsável tanto por funções biológicas quanto por funções hormonais, e, também, psicológicas dos indivíduos. De acordo com Aries *et al.* (2015), quando a exposição à luz do sol não é suficiente ao longo dos dias, pode haver uma redução na produtividade no trabalho, por aumento de fadiga, diminuição da concentração, e aumento de sintomas depressivos. Dessa forma, o bem-estar das pessoas está diretamente associado a essa exposição à iluminação natural.

O uso da luz natural também traz um benefício econômico, pois reduz a quantidade de energia elétrica utilizada com iluminação artificial. Segundo Fanger (1973), considerando que as pessoas passam a maior parte de suas vidas no interior de edificações, esses locais devem ser confortáveis. Dessa forma, o conforto lumínico se inclui como um dos promotores do bem-estar dos indivíduos. A potencialização da utilização da luz natural ainda provoca uma redução do consumo de energia dos edifícios, tornando esse tema ainda mais relevante (BRANDÃO E ALUCCI, 2005).

De acordo com Vásquez, Pereira e Kuhnen (2018), a maioria das pesquisas sobre conforto lumínico é realizada a partir da percepção de adultos, mas os resultados destas pesquisas não se aplicam a crianças, pois os próprios valores metabólicos diferem para as diferentes faixas etárias e o organismo apresenta um comportamento diferente.

Há uma falta de estudos com crianças, principalmente pela dificuldade de se aplicar questionários sobre dados subjetivos com essa parcela da população (VÁSQUEZ, PEREIRA E KUHNEN, 2018), dessa forma percebe-se a necessidade de se incluírem crianças nesses estudos e também de serem feitos mais estudos em ambientes onde a maioria dos usuários esteja nessa faixa

etária. Portanto, esta pesquisa se justifica pela relevância e falta de literatura sobre o tema com o público alvo em questão.

Dando continuidade ao estudo e às análises de Quirino (2018), percebeu-se a influência da iluminação natural no bem-estar dos alunos, e que o excesso de claridade é mais incômodo que a falta de luz. Dessa forma, esta pesquisa parte da hipótese que as crianças nas salas de aula estão sujeitas, mais comumente, a ofuscamento e desconfortos resultantes do excesso de luz natural, condição que é especialmente acentuada de acordo com a posição do aluno em relação às aberturas, o quadro de aula ou outros focos de interesse visual.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa está estruturada em um capítulo introdutório, quatro capítulos intermediários, que serão descritos a seguir, e o capítulo concluinte. O capítulo da **Introdução** apresenta os objetivos, a hipótese e a justificativa e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo intitula-se **Referencial Teórico** e apresenta os autores e os principais conceitos estudados para o desenvolvimento desta pesquisa. Este capítulo foi subdividido em três tópicos que agrupam os temas relacionados ao estudo de acordo com suas particularidades e semelhanças. A definição dos tópicos deu-se a partir das palavras-chave elegidas para as buscas feitas na revisão sistemática que terá seu processo explicado a seguir no capítulo referente à metodologia.

O primeiro tópico trata da luz do dia e sua contribuição para a saúde, apresentando os pontos positivos e negativos trazidos pela falta e pelo excesso da exposição pelas pessoas. O segundo tópico teoriza sobre a arquitetura dos edifícios escolares, seu entorno, e seus usuários (com foco nas crianças), recorrendo sobre pesquisas preexistentes sobre o tema. E o terceiro tópico descreve as métricas e as simulações de iluminação natural, explicando os processos de análise e *softwares* que poderão ser utilizados na pesquisa.

No terceiro capítulo são descritos os **Procedimentos Metodológicos**, caracterizando as etapas teóricas e práticas da pesquisa, incluindo-se a revisão

sistemática, uma análise da área de estudo, e os passos seguintes a serem desenvolvidos para se alcançar os objetivos propostos.

O capítulo quatro, referente aos **Resultados**, traz os produtos gerados a partir dos dados das simulações realizadas, como gráficos, tabelas e imagens tridimensionais, com suas análises críticas e estatísticas ao longo do desenvolvimento da dissertação.

O capítulo cinco são as **Discussões**, que sintetiza os resultados apresentados no capítulo anterior.

Por fim, o capítulo das **Conclusões** agrupa todos os pontos analisados ao longo de toda a dissertação, e recomendações futuras para pesquisas que sigam na mesma área de estudo e com uma metodologia similar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A relevância de um ambiente escolar favorável ao aprendizado, que proporcione conforto e bem-estar aos alunos, é um fator ao qual não é dada a importância devida. O conforto, seja ele palpável ou não, influi diretamente na absorção do conteúdo ministrado diariamente, na forma como os alunos se comportam em sala de aula, e na produtividade, que é uma característica fortemente cobrada externa e internamente ao indivíduo (VÁSQUEZ, PEREIRA E KUHNEN, 2018). Entretanto, na maioria das vezes, a base de aprendizado não facilita a obtenção desse resultado esperado a longo prazo.

Considerando que todos os ambientes de aprendizado possuíssem o essencial para garantir uma educação de qualidade às pessoas, provavelmente haveria um natural aumento da produtividade tanto no quesito intelectual quanto no laboral, já que se perpetuaria um hábito saudável e agradável de estudos, o que facilitaria a continuidade dessa prática ao longo da vida, reforçando a importância do conforto ambiental nas edificações.

O conforto ambiental estuda o bem-estar humano com relação à qualidade do ar, e ao desempenho do ambiente em relação a variáveis térmicas, visuais, acústicas, olfativas e antropométricas (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Neste trabalho será dada ênfase ao conforto visual ou conforto lumínico, aplicado a situações em ambientes de aprendizado, mais especificamente, salas de aula ocupadas por crianças do ensino fundamental, utilizando simulações computacionais nas análises. Esses assuntos foram divididos em cinco tópicos, que serão apresentados a seguir.

2.1. A SAÚDE E A LUZ DO DIA

Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966) afirmam que o projeto de iluminação interior deve considerar a eficiência visual, o conforto visual e a satisfação estética, e que para a obtenção de uma boa iluminação também deve ser avaliada a distribuição de brilho para evitar-se o ofuscamento. Algum nível de ofuscamento é até aceitável, entretanto, este deve ser controlado para que

não haja excessos nem cause cansaço nas pessoas. Para Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966), um bom projeto de iluminação natural possui dois objetivos: proporcionar iluminação que seja suficiente para a realização da tarefa visual de forma eficaz e proporcionar um ambiente luminoso agradável, confortável e apropriado para sua finalidade.

Para Bernardi (2001), a orientação espacial, a manutenção da segurança física e a orientação no tempo das pessoas são fatores afetados pela iluminação, cujas necessidades estão relacionadas a uma percepção visual adequada, com luz em qualidade e quantidade suficientes. Dessa forma, as pessoas se orientam com auxílio da luz, seja ela natural ou não, o que traz uma sensação de segurança.

Grande parte da população permanece a maior parte do seu dia no interior de edifícios, dessa forma, os projetos de iluminação das edificações não devem visar a substituição da luz natural pela elétrica, mas sim a complementação dos horários nos quais não haja luz solar (Pizarro, 2005). Apesar destas constatações, o que é comumente visto em grande parte das edificações são ambientes internos com pouca luz, que passam boa parte do dia com as janelas e cortinas fechadas, com luzes acesas e condicionados artificialmente.

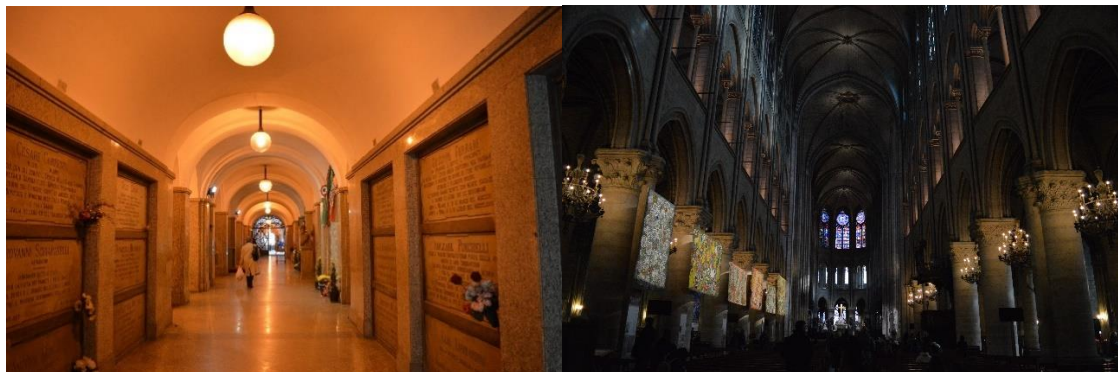
Os benefícios oferecidos pela luz natural aos seres vivos são inegáveis, pois além desta ser uma fonte de energia, provém de um recurso inesgotável. De Giuli (2010) relata que a luz natural traz efeitos positivos ao ser humano que podem ser de dois tipos: diretos e indiretos. Os diretos são causados por alterações químicas nos tecidos a partir da luz absorvida, enquanto os indiretos são os efeitos de regulação das funções biológicas básicas e a produção de hormônios. Segundo Reinhart e Wienold (2011), a deficiência de iluminação é fácil de ser identificada, já o excesso de brilho está mais ligado à satisfação do usuário.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a iluminação natural acaba se integrando também às questões térmicas e acústicas do edifício, pois as aberturas pelas quais a luz entra no edifício podem permitir a passagem de calor, de ventilação natural e entrada de ruídos no ambiente. Em consequência disso, o conforto térmico, o conforto acústico e o conforto lumínico estão interligados e, nas análises dos espaços, deve-se buscar soluções que satisfaçam ou considerem os três quesitos.

De acordo com Souza (2015), sensações de incômodo ou desconforto visual contribuem para a percepção negativa do ambiente, o aumento da fadiga, depressão e ansiedade patológica, baixa taxa de satisfação, menor cognição espacial, comportamento antissocial, dificuldade na tomada de decisões e resolução dos problemas, diminuição da criatividade e do desempenho, e aumento dos riscos de acidentes.

Um espaço bem iluminado possui uma definição complicada, tanto por envolver percepções subjetivas que variam de contextos culturais a épocas distintas, quanto pelas variações de iluminação necessária para a realização de diferentes atividades ou pela diversidade de funções dos ambientes, de acordo com Constanzo, Evola e Marletta (2017). Nas imagens abaixo (figura 1), é facilmente perceptível a diferença da iluminação no interior dos ambientes, ao mesmo tempo em que, nos dois casos, têm-se a iluminação adequada para a finalidade a que se propõem.

Figura 1 - Exemplos de ambientes com diferentes níveis de iluminação



Cemitério em Milão (2015)

Catedral de Notre Dame em Paris (2016)

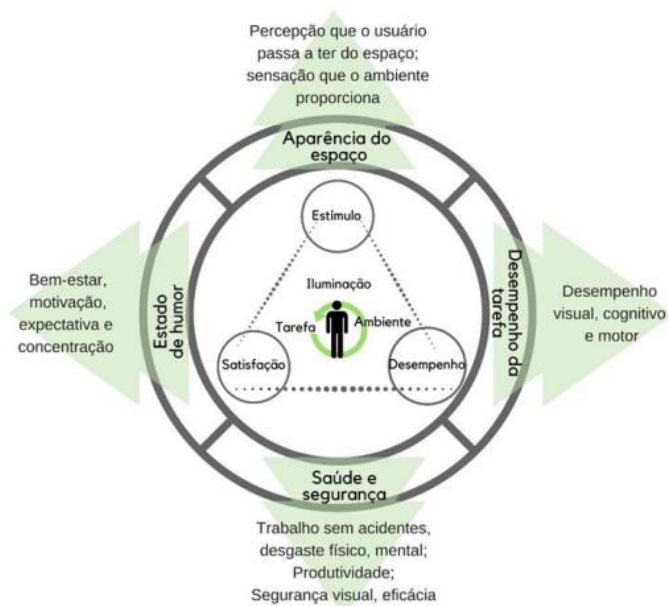
Fonte: Arquivo pessoal.

Em ambientes de ensino e escritórios, recomenda-se, para as áreas de tarefas visuais, níveis constantes de luz (CONSTANZO, EVOLA e MARLETTA, 2017), o que faz com que apenas a luz natural não seja suficiente devido às suas variações ao longo dos dias. Mas além da constância do nível de luz, também se recomenda que seja possível aos usuários a visualização da parte externa da edificação, o que faz com que a iluminação artificial não possa ser exclusiva.

Para os autores, um ambiente com iluminação natural também traz algumas desvantagens, como risco de ofuscamento quando há excesso de luz, falta de privacidade no ambiente e aumento da temperatura interna do local. Tornam-se perceptíveis, então, as vantagens e as desvantagens da iluminação natural e da iluminação artificial nos ambientes.

Boyce (2003, *apud* Bortolan, 2018) considera que o desempenho visual é afetado através de três sistemas pela iluminação: o visual, o circadiano e o perceptivo. O sistema visual, que processa as imagens, é definido pelo tamanho visual, contraste de luminâncias, diferença de cor, qualidade da imagem e iluminação da retina. Para Bortolan (2018), o sistema visual determina o nível do desempenho visual que contribui para o desempenho da tarefa. O sistema circadiano é o ciclo que sincroniza as funções biológicas do organismo humano com os horários do dia, considerando a presença ou a ausência da luz solar. E o sistema perceptivo é o que percebe a iluminação considerando o contexto daquele ambiente e do usuário. A partir dessas análises, Bortolan (2018) criou o modelo de conforto visual demonstrado na figura 2 a seguir.

Figura 2 - Modelo de Conforto Visual



Fonte: Bortolan (2018).

Boyce (2003, *apud* Bortolan, 2018), dessa forma, define conforto visual como subjetivo já que se considera que cada indivíduo tem uma percepção diferente. Para o autor, o desconforto visual se configura a partir de três variáveis: o indivíduo, o contexto da iluminação, e o desempenho visual referente à atividade que será realizada.

2.2. AS CRIANÇAS, AS ESCOLAS E O SEU ENTORNO

Uma pesquisa realizada por Stewart (1981) em 11 escolas de ensino fundamental, levou em consideração a opinião e a atitude das crianças em relação ao ambiente escolar, à abertura das janelas e à luz do dia. Em cada escola foram analisadas duas situações diferentes, uma na qual a criança era mantida em observação e outra onde a criança permanecia livre. Os fatores que afetaram o comportamento das crianças foram analisados estatisticamente após a aplicação de questionários e percebeu-se que, quando não estão sendo supervisionadas por professores, no geral as crianças escolhem sentar-se próximo às janelas.

Já Kuller (1992) realizou um estudo que teve como objetivo analisar a influência da iluminação natural e artificial no comportamento de crianças em escolas na Suécia. Foi estudado o comportamento de 88 crianças de duas escolas durante um ano letivo, que foi dividido em quatro períodos de tempo. Por fim, observou-se que tanto a iluminação quanto a temperatura interferiram em padrões de comportamento, concentração e cooperação das crianças.

De acordo com Bernardi (2001), é importante despertar nas pessoas o interesse pelo conforto ambiental, para que haja uma relação de consciência entre o usuário e o ambiente construído. A autora também discorre que é necessário que se mostre ao aluno a necessidade de sua participação no que se refere ao seu próprio conforto, e que quanto antes isso lhes é passado, ou seja, nos primeiros anos de aprendizado, maior é o interesse e a receptividade das crianças às inovações. Por essa constatação, ressalta-se a importância de pesquisas nas quais se considerem a percepção e a opinião das crianças.

Bernardi (2001) relata que a configuração física do ambiente educacional e a adaptação do aluno ao espaço são bastante importantes para o desenvolvimento do aprendizado, e que, seguindo normas construtivas, as escolas devem proporcionar acessibilidade, conforto e segurança aos seus usuários. Segundo a autora, o conforto ambiental é resultado da integração entre os elementos do entorno, o projeto arquitetônico e o comportamento dos usuários. Heschong, Wright e Okura (2002), descobriram que a luz do dia tem efeitos de melhoria no comportamento humano em escolas, resumindo em aprimoramento da visão, do desempenho e da saúde dos indivíduos.

De Giuli (2012) analisou as condições do ambiente interno de 28 salas de aula de 7 escolas de povoados próximos a Veneza. Também foram utilizadas imagens junto aos questionários aplicados às 614 crianças, além do levantamento de dados físicos. Ao fim, constatou-se que os maiores incômodos dos usuários das salas de aula ocorriam durante a estação do verão devido às altas temperaturas. Em consequência disso, as aberturas existentes nos ambientes não devem ser pensadas apenas como forma de permitir a entrada de luz natural, mas também devem ser projetadas de forma a minimizar os problemas relativos ao conforto térmico, reforçando a interdependência entre os confortos lumínico, térmico e acústico.

É notória a diferença entre a influência da luz natural no organismo de um adulto e de uma criança. E até mesmo dentro do intervalo da faixa etária onde as crianças estão inseridas, há uma diferenciação. A pesquisa de Zande (2013) comprovou que a iluminação tem efeitos biológicos, fisiológicos e psicológicos no ser humano, e diferentes tipos de iluminação podem ter efeitos que melhoram a performance humana na velocidade do trabalho, na precisão e no desempenho das tarefas. Foram realizados dois estudos de campo e um experimento sobre os efeitos da iluminação na concentração das crianças, e observou-se que a iluminação tem mais influência na concentração das crianças mais novas. Dessa forma, quanto mais cedo as crianças forem estimuladas com a luz natural adequada, melhor será o seu desenvolvimento.

Um estudo realizado em uma biblioteca localizada na Austrália (GOU, KHOSHBAKHT e MAHDOUDI, 2018), pesquisou a preferência de estudantes com relação ao lugar onde escolhiam sentar para estudar, e uma das opções

mais escolhidas foi referente à proximidade de janelas pela vista que elas os proporcionavam, ressaltando a importância das vistas externas de qualidade, tanto para aumento de bem-estar quanto para atrair e manter os usuários no local.

Constanzo *et al.* (2018) descrevem uma metodologia para análise da iluminação natural em salas de aula de uma escola localizada na Itália, considerando, primeiramente, as métricas aplicadas, seguido da descrição do sítio estudado, e, por fim, as simulações de iluminação natural do modelo computacional, tanto para o cenário existente quanto para o cenário proposto. Este estudo reafirma que apenas uma métrica não pode ser utilizada para avaliar se as condições de iluminação de um ambiente estão adequadas.

Segundo o estudo de Figueiro, Nagare e Price (2018), a maioria das crianças em idade escolar não dorme o suficiente, o que pode causar problemas comportamentais e baixo rendimento na escola, e um dos fatores para que essas crianças não durmam bem é a baixa exposição à luz do sol ao longo do dia, já que passam a maior parte do tempo em salas de aula com pouca ou nenhuma iluminação natural, o que faz com que o seu ciclo circadiano fique alterado.

Existem algumas dificuldades ao se trabalhar com crianças pelo fato que as perguntas dos questionários devem ser respondidas sem nenhuma interferência externa. Alguns autores utilizam estratégias que podem facilitar o desenvolvimento das respostas dos indivíduos com faixa etária mais baixa. Vásquez *et al.* (2019) realizou um estudo com crianças de 8 a 11 anos de idade, de três escolas de Florianópolis e em duas tipologias de salas distintas, para verificar suas preferências por vistas de janela e iluminação natural. Foram realizadas entrevistas com as crianças e utilizadas imagens para facilitar tanto a compreensão das mesmas quanto a fluidez das respostas. Ao fim da pesquisa, observou-se que esse método é bastante válido ao se trabalhar com crianças.

Nas imagens a seguir na figura 3, retiradas da pesquisa de Vásquez *et al.* (2019), as crianças desenharam o que gostariam de visualizar pelas janelas das suas salas de aula. Essa forma de interação facilita as respostas das crianças nos questionários.

Figura 3 - Preferências das crianças das vistas de janelas



Fonte: Vásquez *et al.* (2019).

Knoop *et al.* (2020) relatam que o ambiente no qual as crianças aprendem determina se elas terão ou não miopia, e que crianças que costumam realizar atividades ao ar livre têm menos chances de desenvolvê-la.

O entorno também é importante no momento de se planejar e de se analisar o conforto ambiental de uma edificação. Tanto áreas edificadas quanto áreas com paisagens naturais e mais vegetação interferem na quantidade de luz natural

absorvida pelas fachadas e disponível no interior das edificações. Árvores e edifícios podem ter a função tanto de direcionadores da ventilação quanto de barreiras que impedem que os ventos cheguem em determinados lugares. É importante que haja um planejamento para que novos edifícios não obstruam o recebimento de luz natural de prédios mais antigos.

Tudo o que está posicionado do lado de fora da edificação se configura como paisagem para os que estão dentro. Dessa forma, deve-se pensar no que os alunos verão das janelas de suas salas de aula. De acordo com as pesquisas apresentadas, alunos preferem estudar próximo às janelas quando há alguma vegetação no exterior da edificação. As vegetações podem também ajudar no controle da entrada da luz do sol nas salas e também no direcionamento dos ventos caso seja feito um planejamento adequado.

2.3. MÉTRICAS DE ILUMINAÇÃO

Existem fatores quantitativos e qualitativos que são fundamentais no projeto de iluminação natural, e estes fatores estão interligados de forma que não é possível que haja uma separação. Os determinantes principais da quantidade de luz natural em uma edificação são os fatores quantitativos, enquanto os qualitativos são os fatores que regulam o ofuscamento e a distração ou a atenção (HOPKINSON, PETHERBRIDGE e LONGMORE, 1966). Esses fatores estão elencados na tabela 1 a seguir.

A maior associação que se faz sobre a iluminação natural do interior de um ambiente é com respeito à área envidraçada das suas janelas. Essa área sofre influência das dimensões da sala, pois quanto maior a sala, mais espaço disponível para que existam mais janelas, com dimensões distintas e também dispostas de variadas formas. O tipo de vidro também irá interferir na quantidade de luz incidente no interior da sala.

Quanto maiores forem as janelas, mais iluminados serão os espaços mais afastados delas, relacionando diretamente a profundidade e a altura da sala com a quantidade de iluminação natural em seu interior, como é possível se observar no gráfico da figura 4 a seguir, de Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966).

Pelo gráfico, percebe-se como a altura do pé direito interfere na luz natural que entra no ambiente, sendo assim, quanto mais alto o pé direito da sala, mais luz entra, e os pontos da sala mais distantes das janelas recebem menos luz.

Tabela 1 - Fatores fundamentais no projeto de iluminação natural

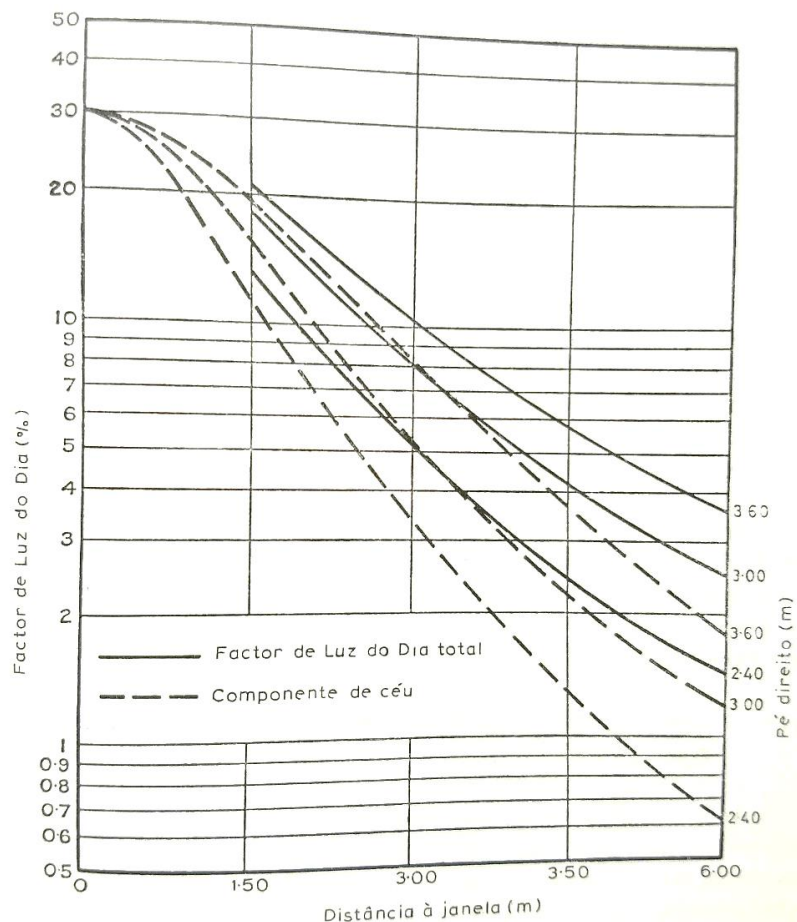
FATORES QUANTITATIVOS	FATORES QUALITATIVOS
1. Á área de esquadrias envidraçadas existente em relação à área do pavimento;	1. A quantidade de céu visível, sua luminância e a posição no campo de visão para quem está no interior do ambiente.
2. As dimensões do ambiente (principalmente a profundidade e o pé-direito);	2. As possibilidades de vistas das janelas para os usuários do ambiente;
3. As obstruções externas e internas;	3. O detalhamento do projeto das esquadrias;
4. A disposição das esquadrias envidraçadas no ambiente;	4. A disposição das esquadrias e sua localização com relação ao usuário;
5. As superfícies interiores e suas características refletoras.	5. As superfícies interiores (principalmente paredes e janelas) e suas características refletoras;
	6. As decorações e as cores do interior do ambiente.

Fonte: Adaptado de Hopkins, Petherbridge e Longmore (1966).

Segundo Hopkins, Petherbridge e Longmore (1966), enquanto o sol é uma fonte de iluminação concentrada e pode ser considerado uma fonte luminosa pontual, o céu é uma fonte difusa com distribuição variável da luminância. Além disso, os autores pontuam que não só o tamanho, o formato e a disposição das janelas devem ser considerados na análise da iluminação de um ambiente, mas também as propriedades refletoras das superfícies que estiverem no espaço.

As propriedades refletoras das superfícies interiores também têm muita influência na iluminação natural das salas, relacionando-se também com os outros fatores anteriormente citados. Tudo o que há no interior do ambiente reflete a luz que incide na sala, dessa forma, a cor das paredes, a mobília, os objetos de decoração, as esquadrias e o piso também interferem na quantidade de iluminação natural do interior da sala.

Figura 4 - Relação entre a luz natural e as dimensões do ambiente



Fonte: Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966).

Os efeitos qualitativos estão ligados à capacidade que os elementos que permitem a passagem da luz natural têm de prejudicar ou contribuir na produtividade dos usuários. Então a localização das janelas nas salas e suas formas seriam responsáveis por trazer bem-estar aos usuários do interior da edificação ou tirar a sua atenção a considerar o que estiver acontecendo do lado de fora e ponderando também o ofuscamento que o céu pode ocasionar.

Segundo Kowaltowski *et al.* (1997, *apud* Bernardi, 2001), os parâmetros que devem ser considerados para a análise e a avaliação da qualidade luminosa de um ambiente são os níveis de iluminação recomendados para a tarefa visual, a uniformidade e os níveis de contraste, as distâncias entre o usuário e o objeto, uso das cores nas superfícies, elementos de proteção da insolação, e a iluminação artificial complementar.

Existem diversas métricas para se calcular e avaliar a iluminação em um ambiente, e neste trabalho serão exploradas a Iluminância Útil da Luz Natural (*Useful Daylight Illuminance*) - UDI, a Exposição Solar Anual (*Annual Solar Exposure*) – ASE, e a iluminância. A métrica UDI calcula, em porcentagens, a quantidade de ocorrências de iluminância no ambiente em intervalos determinados (MARDALJEVIC e NABIL, 2005). A métrica ASE é a porcentagem da área do espaço, que ultrapassa 1000 lux, por mais de 250 horas utilizadas ao ano, podendo indicar o desconforto potencial por incidência direta da luz no plano de análise (CAVALERI, CUNHA e GONÇALVES, 2018).

A mais conhecida é a iluminância, expressa em lux, que indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz incidente sobre um plano de trabalho, e é também a relação entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância entre a fonte luminosa e a superfície incidente. A exigência visual da atividade determina qual a iluminância média necessária para a sua realização. Luminância, expressa em cd/m^2 , é a medida da quantidade de luz refletida ou emitida de uma superfície, e avalia o conforto visual e o brilho no interior.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, a Norma Brasileira – NBR, ISO/CIE¹ 8995-1, que trata de Iluminação de ambientes de trabalho e indica os valores ideais das quantidades de lux por tipo de atividade em diversos locais, o valor de iluminância para salas de aula é de 300 lux e recomenda-se que a iluminação seja controlável. Segundo a norma, a iluminação deve assegurar o conforto visual, o desempenho visual e a segurança visual, atentando para os seguintes parâmetros: distribuição da luminância, iluminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural e manutenção.

Segundo a NBR 8995-1 (2013), a distribuição da luminância no campo de visão afeta a acuidade visual (nitidez visual), a sensibilidade ao contraste e a eficiência das funções oculares. Dessa forma, devem ser evitadas tanto luminâncias e contrastes altos quanto luminâncias e contrastes baixos. As luminâncias são determinadas pelas refletâncias² e pelas iluminâncias das superfícies, sendo as

¹ *International Organization for Standardization* (Organização Internacional de Normalização) – ISO / *Commission Internationale de l'Eclairage* (Comissão Internacional de Iluminação) - CIE

² Refletância é a relação entre o fluxo de radiação incidente em uma superfície e o fluxo de radiação refletido.

superfícies mais importantes o teto, as paredes, os planos de trabalho e o piso. Ainda de acordo com a norma, é indicado que a faixa de refletância útil do teto varie de 0,6 a 0,9, a faixa das paredes varie de 0,3 a 0,8, os planos de trabalho de 0,2 a 0,6 e o piso de 0,1 a 0,5.

O fator de luz do dia, que é outra métrica relacionada à iluminação, é definido como a razão entre a iluminação do dia em um determinado ponto do ambiente e a luz do dia medida no mesmo horário em um plano desobstruído calculado em condições de céu nublado da CIE, ou seja, a razão entre a iluminação interior e a iluminação simultaneamente disponível no exterior. Cunha (2010) cita as 15 classificações de tipos de céu da CIE em 2002, descritas na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Tipos de céu da CIE

TIPOS DE CÉU	DESCRIÇÃO
1. Céu encoberto Padrão	Graduação intensa de luminâncias em direção ao zênite, com uniformidade nos azimutes.
2. Céu encoberto	Graduação intensa de luminâncias em direção ao zênite, com suave brilho em direção ao Sol.
3. Céu encoberto	Moderadamente graduado, com uniformidade nos azimutes.
4. Céu encoberto	Moderadamente graduado, com suave brilho em direção ao Sol.
5. Céu de Luminância Uniforme	Luminância constante.
6. Parcialmente Nublado	Sem graduação de luminâncias em direção ao zênite, com suave brilho em direção ao Sol.
7. Parcialmente Nublado	Sem graduação de luminâncias em direção ao zênite, com região ao redor do sol brilhante.
8. Parcialmente Nublado	Sem graduação de luminâncias em direção ao zênite, com coroa solar distinta.
9. Parcialmente Nublado	Com o sol obscurecido.
10. Parcialmente Nublado	Com região ao redor do sol brilhante.
11. Céu Branco-Azul	Com coroa solar distinta.
12. Padrão Céu Claro CIE	Com luminâncias de baixa turbidez.
13. Padrão Céu Claro CIE	Com atmosfera poluída.
14. Céu Turvado Sem Nuvens	Com ampla coroa solar.
15. Céu Turvado Branco-Azul	Com ampla coroa solar.

Fonte: Adaptado de Cunha (2010).

Devido ao fator de luz do dia considerar o céu nublado, possui diversas limitações, já que se baseia na suposição de que com o céu nublado, a iluminação externa ficaria em torno de 10000 lux, e um fator médio de 3% garantiria em média 300 lux para o plano de trabalho.

Dessa forma, os outros tipos de céu são desconsiderados na análise, que não descreve como a iluminação varia de acordo com o tempo. É necessário que os níveis de iluminação sejam suficientes em bem distribuídos no ambiente, que não haja a ocorrência de reflexos devido à luz solar direta, e que haja boa integração entre o aproveitamento da luz natural e a utilização da iluminação artificial.

De acordo com Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006), é interessante utilizar diversas métricas de desempenho numa análise de iluminação natural que descrevam diferentes aspectos do projeto de iluminação, para que então um espaço possa ou não ser classificado como confortável luminosamente.

O conforto lumínico não está necessariamente relacionado à quantidade de luz num ambiente, pois não é apenas a quantidade de luz que define se um ambiente está com a iluminação adequada ou não. Para Lima e Martín (2009, *apud* Valverde, 2014), a sensação de conforto do indivíduo será maior quanto menor for o seu esforço de adaptação. A autora também diferencia conforto visual de conforto luminoso, sendo que o primeiro trata de aspectos quantitativos como nível de ofuscamento, iluminância e contraste, enquanto o segundo se refere aos aspectos qualitativos, como o bem-estar e a satisfação do usuário.

2.4. SIMULAÇÕES DO DESEMPENHO LUMÍNICO

As análises de iluminação natural podem ser feitas a partir de levantamentos em campo com coleta de dados nos ambientes internos utilizando equipamentos denominados luxímetros e *data loggers* (figura 5) acoplados a sensores, como também podem ser feitas com simulações computacionais utilizando modelos tridimensionais. Também pode-se cruzar as informações obtidas a partir dessas duas análises, comparando os resultados obtidos e complementando as informações de cada forma de análise. Existem diversos *softwares* e *plugins* que

realizam estudos de simulação computacional, como Apolux, DIVA, DaySim, Ladybug, Honeybee, ReluxPro, Energy Plus, Radiance, Ecotect e Sunlight.

Figura 5 - Exemplo de um datalogger



Fonte: Manual LI-1400 *datalogger*³.

Para Reinhart e Wienold (2011), existem cinco barreiras para a adoção de tecnologias mais avançadas nas simulações utilizando luz natural: avanços técnicos realizados em diferentes ambientes de simulação, dessa forma, os programas não possuem uma padronização de funções; simulações longas, que duram bastante tempo; processo de simulação complicado mesmo para ambientes simples; esquemas de classificação desatualizados, fazendo com que os profissionais não consigam fazer uma análise mais aprofundada; e incapacidade de interpretar os dados da simulação quando não se existe muita experiência.

Os tipos de céu também devem ser considerados durante as análises de iluminação natural, considerando as quantidades de nuvens visíveis e o quanto o sol está encoberto. Os três tipos de céu básicos que devem ser avaliados são o céu claro, o céu parcialmente encoberto e o céu encoberto.

Geralmente, o céu encoberto, por levar em conta a pior condição de incidência de luz, é o tipo utilizado nos cálculos de iluminação natural (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014). Observa-se, na figura 6 a seguir, uma ilustração que representa estes três tipos de céu de forma bastante didática.

³ Disponível em: <https://www.edsc.dk/Dansk/Produkter/Meteorologi/Dataloggere/1400/brochure.pdf>. Acesso em: jul. 2020.

Moazzeni e Ghiabaklou (2016) estudaram a influência das prateleiras de luz em janelas na iluminação natural de salas de aula de escolas do Iran, fazendo simulações nos *softwares* Radiance e DIVA. Esta análise utilizou a combinação entre a autonomia da luz do dia e a luz útil do dia para calcular a disponibilidade da luz diurna nas salas, considerando também o ofuscamento gerado.

Figura 6 - Principais tipos de céu



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

De acordo com Wang e Zhai (2016), em um trabalho sobre técnicas de simulação computacional, o *software* Radiance é um dos que possui melhor precisão quando comparado com dados de medições e quando utilizado em condições de céu nublado. Também foram analisadas abordagens com o coeficiente de luz do dia, e com o fator de luz do dia, e foi verificado que o coeficiente de luz do dia é mais preciso, entretanto a análise é mais demorada.

Já o *software* APOLUX IV, desenvolvido pelo professor doutor Anderson Claro, da Universidade Federal de Santa Catarina, realiza simulações estáticas e dinâmicas de iluminação natural, utilizando modelos tridimensionais importados de programas como SketchUp, AutoCAD e Rhinoceros. O programa, cujos algoritmos foram testados baseados no relatório técnico CIE 171-2006⁴, calcula a incidência anual de luz solar, faz análises de gráficos de mascaramento solar, simula situações de probabilidade de ofuscamento e faz análises com protetores de aberturas.

Segundo Cunha e Claro (2012), o *software* APOLUX é utilizado para simulação da luz natural e artificial em edifícios e espaços urbanos, objetivando ajudar

⁴ Disponível em: <http://foton.arq.ufsc.br/>. Acesso em: nov. 2020

profissionais em questões projetuais. O APOLUX foi desenvolvido a partir da tese de Claro (1998). De acordo com os autores, os resultados de simulações no APOLUX atendem aos critérios propostos pelo Relatório Técnico CIE 171:2006.

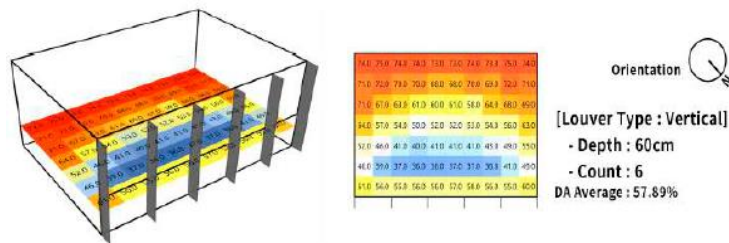
Para a avaliação qualitativa do potencial de ofuscamento, o programa gera gráficos em projeções esféricas estáticas com três campos: foco (visão central, onde é possível haver maior probabilidade de ofuscamento), ergorama (ergo - círculo intermediário, onde o potencial de ofuscamento é intermediário), e panorama (pan - círculo externo, com menor potencial de ofuscamento). O foco, na parte central, é a área que fornece maior acuidade visual, o ergo permite a diferenciação de cores e a sensação de profundidade, e o pan completa o campo visual (VÁSQUEZ, 2016).

O programa APOLUX IV fornece dados de contraste entre os campos foco e ergo e entre os campos ergo e pan. Segundo Vásquez (2011), as relações de contraste entre os campos, que representam a relação entre as luminâncias das zonas do campo visual, são resultados que variam entre 0 e 1, entretanto o programa mantém uma ordem fixa entre as variáveis, o que faz com que a magnitude seja a mesma, independente do resultado ser positivo ou negativo.

Lee, Han e Lee (2017), utilizaram o *plugin* DIVA do programa Rhinoceros (figura 7) para realizar simulações de sombreamento de fachadas de sala de aula, relacionando a autonomia da luz do dia, e a iluminação útil da luz do dia, com vários tipos de proteções de janelas e diferentes orientações, correlacionando as análises da quantidade de energia e da luz do dia ao mesmo tempo.

A metodologia utilizada por Kwon e Lee (2018), utilizou simulações nos programas DaySim e Ecotect, que observaram que abordagens combinadas são necessárias nesse tipo de estudo para que seja possível considerar os melhores níveis de iluminação do ambiente. Lee e Lee (2019), também num estudo com salas de aula e utilizando o mesmo programa, pesquisaram sobre a sensação de desconforto causado pelo ofuscamento ao longo do ano, e formas para minimizar este problema.

Figura 7 - Exemplo de simulação no programa DIVA



Fonte: Lee, Han e Lee (2017).

A diversidade de programas que simulam a iluminação natural permite que sejam realizados estudos diversos sobre esse tema, já que cada *software* tem suas especificidades. Outra vantagem de se utilizar os programas é poder fazer análises considerando todos os dias do ano, e, utilizando equipamentos de medições, essa opção torna-se inviável.

2.5. ESCOLAS OBJETO DE ANÁLISE

João Pessoa é uma cidade de baixa latitude, com clima tropical quente e úmido, inserida na Zona Bioclimática⁵ 8, que é definida pela NBR 15220/3: 2005. Segundo a norma, as aberturas para ventilação em edificações situadas nessa zona devem ser grandes e sombreadas. A norma oferece um conjunto de detalhamento de estratégias de condicionamento térmico, e, mesmo que essas informações também interfiram nas condições lumínicas do ambiente, não há informações específicas para o melhor aproveitamento da luz natural.

As três escolas Municipais de Ensino Fundamental onde a pesquisa foi desenvolvida foram a EMEF Chico Xavier, a EMEF Leonel Brizola, e a EMEF Radegundis Feitosa. As escolas foram escolhidas de forma a dar continuidade ao estudo de Quirino (2018), escolhendo edifícios do projeto de escolas padrão⁶ da Prefeitura Municipal de João Pessoa – PB. A prefeitura começou a utilizar

⁵ Zonas que são, de certa forma, homogêneas com relação ao clima, adaptadas a partir da carta bioclimática sugerida por Givoni (NBR 15220/3: 2005).

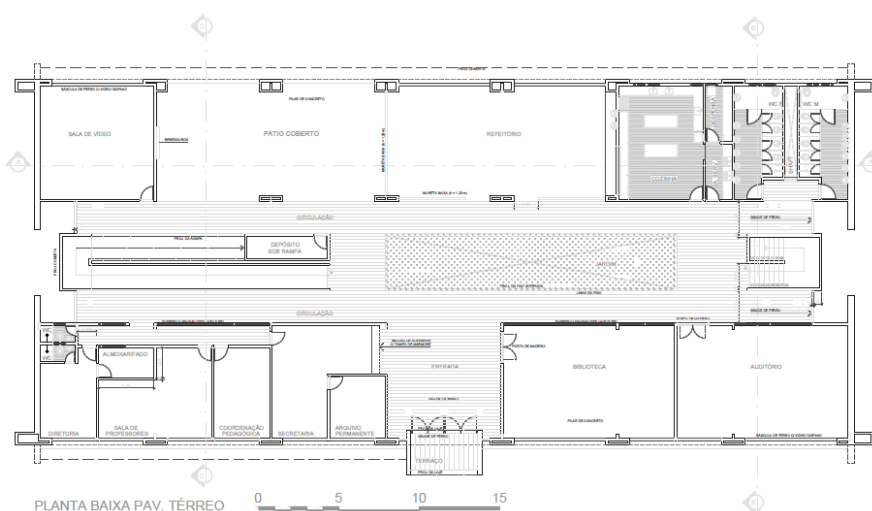
⁶ As escolas municipais padrão de João Pessoa possuem o mesmo projeto arquitetônico, embora sejam implantadas pela cidade em terrenos e orientações diversas.

esse projeto denominado padrão para construção de novas escolas na cidade a partir de 2006, então são edificações relativamente novas, mas que não possuem uma manutenção adequada.

Oliveira (2012), que fez um estudo sobre dez escolas construídas a partir do projeto padrão da prefeitura municipal de João Pessoa, identificou que o reservatório de água das escolas acabava sombreando algumas salas de aula, diminuindo a incidência da luz solar. O ginásio poliesportivo, quando construído em frente às janelas, também prejudicava a iluminação natural das salas. A autora também identificou que as escolas que foram construídas com seu eixo transversal alinhadas ao eixo norte-sul possuíam melhor aproveitamento da luz natural e menor probabilidade de ofuscamento nos alunos, e as escolas com o eixo mais rotacionado foram as mais atingidas pela luminosidade excessiva.

Nas imagens a seguir, (figuras 8, 9, 10 e 11) apresentam-se os desenhos técnicos do projeto arquitetônico das escolas padrão de João Pessoa, recordando que todas as escolas possuem o mesmo projeto, variando apenas a orientação da edificação no terreno e a disposição da quadra de esportes⁷.

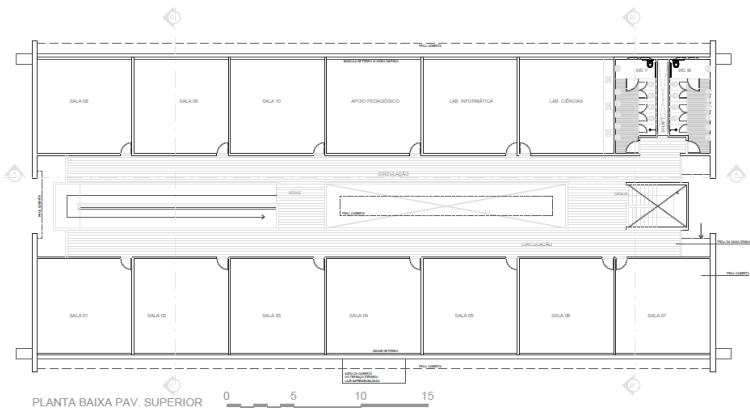
Figura 8 - Planta baixa do pavimento térreo das escolas padrão



Fonte: Oliveira (2012) modificado pela autora (2020).

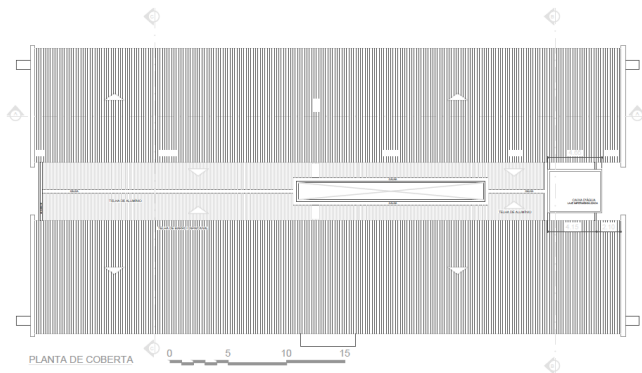
⁷ Dessa forma, os desenhos técnicos não possuem indicação de norte, pois as escolas podem ter orientações diversas.

Figura 9 - Planta baixa do pavimento superior das escolas padrão



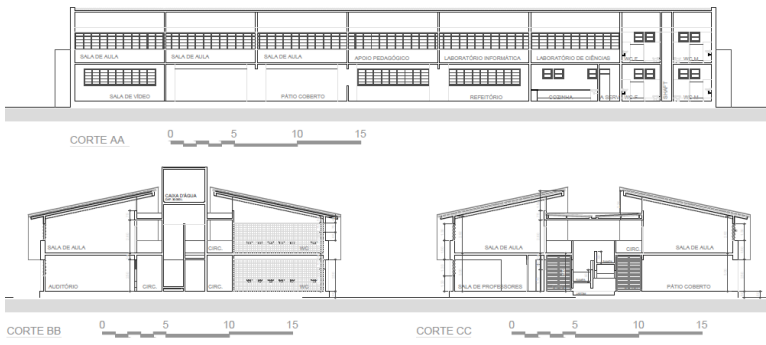
Fonte: Oliveira (2012) modificado pela autora (2020).

Figura 10 - Planta de cobertura das escolas padrão



Fonte: Oliveira (2012) modificado pela autora (2020).

Figura 11 - Cortes esquemáticos das escolas



Fonte: Oliveira (2012) modificado pela autora (2020).

As escolas municipais do modelo padrão possuem dois pavimentos, conectados por uma escada e uma rampa, sendo o térreo voltado para a área administrativa, biblioteca, auditório, refeitório, sala de vídeo e pátios, e o primeiro andar disponível para as dez salas de aula, apoio pedagógico e laboratórios.

A escola é bastante ampla, ventilada, e o seu projeto foi desenvolvido para que houvesse ventilação cruzada nas salas de aula, pois há uma abertura elevada na parede oposta à das janelas, que permitiria a passagem da ventilação natural. Entretanto, atualmente, essas passagens foram vedadas para a utilização de condicionadores de ar nas salas de aula.

Segundo o Ministério da Educação – MEC, o ensino fundamental, que vai do 1º ao 9º ano, recebe crianças de 6 a 14 anos, dessa forma, subentende-se que as salas de aula analisadas nesta pesquisa são utilizadas, em sua maioria, por crianças nessa faixa etária. De acordo com o Censo Escolar (INEP, 2018), em João Pessoa existem 96 escolas da rede municipal com ensino fundamental regular, e, ao todo, foram feitas 40053 matrículas do 1º ao 9º ano em 2018.

O Censo Escolar mostra que, em 2018, as turmas do 1º ao 9º ano das escolas de João Pessoa tinham uma média de 25 a 30 alunos por turma, o que corresponde às orientações do FUNDESCOLA – Fundo de Fortalecimento da Escola (2002), que define a área útil mínima por aluno de 1,15m² para escolas já existentes e 1,32m² para escolas novas. As salas de aula analisadas possuem, em média, as dimensões de 7m x 7m, resultando em 49m², que possibilitam a área útil necessária para a quantidade de alunos.

Quirino (2018) aplicou um total de 112 questionários aos alunos das três escolas analisadas, e os resultados dessa pesquisa foram sintetizados nas tabelas a seguir, que apresentam os dados em porcentagens para cada uma das seis salas. A tabela 3 representa a caracterização dos usuários, contabilizando uma amostra de 112 crianças distribuídas em seis salas de aula de três escolas diferentes, sendo a maioria crianças com idade de 9 a 11 anos e que não usa óculos.

Tabela 3 - Caracterização dos alunos

		A		B		C	
		A1 (\$E)	A2 (\$E)	B1 (\$)	B2 (N)	C1 (NO)	C2 (\$E)
Nº de questionários: total 112		10	30	17	19	18	18
Sexo	Feminino	70%	46,7%	23,5%	36,8%	55,5%	27,8%
	Masculino	30%	53,3%	76,5%	63,2%	44,5%	72,2%
Idade	9 a 11	90%	80%	94,1%	84,2%	88,9%	94,5%
	12 a 14	10%	20%	5,9%	15,6%	11,1%	0
	Não respondeu	0%	0%	0%	0%	0%	5,5%
Usa óculos?	Sim	10%	23,3%	0%	26,3%	27,8%	11,1%
	Não	90%	76,7%	100%	73,7%	72,2%	88,9%

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Na tabela 4, observa-se que nas seis salas, a maioria das crianças percebe a sala como “clara”, entretanto, as respostas sobre como elas prefeririam que a sala fosse variaram bastante.

Tabela 4 - Percepções e preferências dos alunos

		A		B		C	
		A1 (\$E)	A2 (\$E)	B1 (\$)	B2 (N)	C1 (NO)	C2 (\$E)
Nº de questionários: total 112		10	30	17	19	18	18
Como você acha que a sua sala de aula é? (percepção)	Muito clara	20%	16,7%	11,7%	5,3%	22,2%	27,8%
	Clara	80%	63,3%	70,7%	52,6%	66,7%	66,7%
	Escura	0%	20%	11,7%	36,8%	11,1%	0%
	Muito escura	0%	0%	5,9%	5,3%	0%	5,5%
Como você gostaria que a sua sala de aula fosse? (preferência)	Mais clara	10%	23,3%	17,6%	42,1%	0%	0%
	Um pouco mais clara	10%	16,7%	29,5%	21,1%	33,3%	22,2%
	Assim mesmo	20%	43,3%	41,2%	31,5%	44,5%	27,8%
	Um pouco mais escura	60%	16,7%	0%	0%	22,2%	27,8%
	Bem mais escura	0%	0%	11,7%	5,3%	0%	22,2%

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Na sala A1, a maioria preferiria que a sala fosse “um pouco mais escura”, e na sala A2 que continuasse “assim mesmo”; na sala B1 que continuasse “assim mesmo”, e na sala B2 que fosse “mais clara”; e na sala C1 também que continuasse “assim mesmo”, e na sala C2 os votos foram quase igualmente distribuídos entre “um pouco mais clara”, “assim mesmo”, “um pouco mais escura” e “bem mais escura”. Sobre os problemas visuais dos alunos, de acordo com a tabela 5, nas salas das escolas A e B, a maioria diz não ter dificuldade de enxergar o quadro, enquanto nas duas salas da escola C, a maioria diz ter alguma dificuldade de enxergar o quadro.

Tabela 5 - Problemas visuais dos alunos

		A		B		C	
		A1 (\$E)	A2 (\$E)	B1 (\$)	B2 (N)	C1 (NO)	C2 (\$E)
N° de questionários: total 112		10	30	17	19	18	18
Você tem dificuldade de enxergar o quadro?	Sim	40%	46,7%	47,1%	10,5%	55,5%	61,1%
	Não	60%	50%	52,9%	89,5%	44,5%	38,9%
	Não respondeu	0%	3,3%	0%	0%	0%	0%
Em algum momento você tem algum desses problemas?	Bate sol no quadro	50%	20%	11,7%	10,5%	33,3%	55,5%
	A luz da sala bate no quadro	20%	10%	17,6%	0%	11,1%	5,5%
	A luz da sala é fraca	0%	6,7%	29,5%	26,3%	0%	0%
	Não enxergo bem de longe	10%	13,3%	11,7%	0%	16,7%	16,8%
	Em nenhum momento	20%	36,7%	29,5%	63,2%	38,9%	11,1%
	Duas ou mais opções	0%	13,3%	0%	0%	0%	11,1%
Você tem dificuldade de enxergar um texto sobre a mesa?	Sim	20%	23,3%	35,3%	0%	33,3%	33,3%
	Não	80%	76,7%	64,7%	100%	66,7%	66,7%
Em algum momento você tem algum desses problemas na sua mesa?	Bate sol na minha carteira	40%	10%	0%	0%	0%	11,1%
	Não enxergo bem as letras pequenas	10%	26,7%	41%	5,3%	27,8%	22,2%
	A luz da sala é fraca	0%	13,3%	29,5%	47,35%	0%	0%
	Em nenhum momento	50%	50%	29,5%	47,35%	66,7%	66,7%
	Duas ou mais opções	0%	0%	0%	0%	5,5%	0%

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Os problemas mais frequentes relatados com relação a enxergar o quadro foram devidos a bater o sol no quadro e a luz da sala ser fraca, sendo que em três salas a maioria respondeu não ter problemas em nenhum momento.

Sobre dificuldades ao enxergar um texto sobre a mesa (plano de trabalho), nas seis salas a maioria relatou não ter dificuldade, entretanto, apenas nas salas da escola C a maioria significativa relatou não ter problema em nenhum momento. Nas outras escolas, problemas como bater sol na carteira, não enxergar bem letras pequenas e a luz da sala ser fraca foram bastante mencionados.

Na tabela 6, sobre os desconfortos visuais, a maioria dos alunos relator sentir desconfortos algumas vezes na semana, sendo os principais: dor de cabeça, dor nos olhos, coceira nos olhos ou duas ou mais opções.

Tabela 6 - Desconfortos visuais nos alunos

		A		B		C	
		A1 (\$E)	A2 (\$E)	B1 (\$)	B2 (N)	C1 (NO)	C2 (\$E)
Nº de questionários: total 112		10	30	17	19	18	18
Você sente algum desses sintomas após a aula?	Dor de cabeça	40%	30%	41,2%	26,3%	38,9%	33,3%
	Dor nos olhos	10%	3,3%	29,5%	0%	27,8%	0%
	Coceira nos olhos	30%	13,3%	17,6%	15,8%	0%	16,7%
	Olhos secos ou lacrimejando	0%	6,8%	0%	5,3%	0%	0%
	Enjoo	0%	3,3%	11,7%	15,8%	0%	11,1%
	Nenhum	20%	13,3%	0%	31,5%	5,5%	0%
	Duas ou mais opções	0%	30%	0%	5,3%	27,8%	38,9%
Com que frequência isso acontece?	Todo dia	14,3%	13,3%	41,2%	26,3%	33,3%	39%
	Algumas vezes na semana	85,7%	50%	47,1%	26,3%	33,3%	55,5%
	Algumas vezes no mês	0%	23,4%	11,7%	15,8%	27,8%	5,5%
	Nenhuma	0%	13,3%	0%	31,6%	5,6%	0%

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

As figuras 12, 13 e 14 a seguir, representam uma síntese do levantamento de dados de Quirino (2018), e mostram as sensações dos alunos sobre desconfortos causados pela iluminação de acordo com suas posições em sala

de aula, suas percepções sobre acharem a sala clara ou escura, além da iluminância nos nove pontos medidos pela autora.

Figura 12 – Síntese dos resultados de Quirino (2018) - Escola A



Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Figura 13 - Síntese dos resultados de Quirino (2018) - Escola B



Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Figura 14 - Síntese dos resultados de Quirino (2018) - Escola C



Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

As perguntas deste questionário tiveram como foco a percepção das crianças a respeito da iluminação nas salas, considerando suas dificuldades ou facilidades para enxergar e as sensações desagradáveis que podem sentir durante as aulas. A partir das respostas dos alunos, a autora identificou que os sintomas desagradáveis que foram elencados condizem com uma suspeita da síndrome do edifício doente, pela iluminação insuficiente nas salas, pela falta de manutenção nos condicionadores de ar e pela limpeza inadequada em alguns locais dos ambientes.

O levantamento de dados de Quirino (2018) serviu como base para algumas análises desenvolvidas nesta pesquisa, dessa forma as sínteses das informações auxiliaram nos resultados obtidos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os métodos adotados nesta pesquisa são do tipo experimental, obtendo variáveis objetivas, posteriormente associadas à modelagem e análises estatísticas, e divididos em quatro etapas principais: a revisão da literatura sobre conforto lumínico a partir do método de revisão sistemática; a escolha e caracterização dos edifícios e dos seus entornos que foram analisados na pesquisa; a definição dos programas e das variáveis a serem obtidas nas simulações computacionais; e a tabulação e análise estatística dos dados coletados⁸.

3.1. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão sistemática objetiva reunir, avaliar criticamente e conduzir uma síntese dos resultados de vários estudos primários, sendo considerada um tipo de investigação científica (CORDEIRO *et al.*, 2007). O objetivo desta revisão foi determinar quais as lacunas existentes em estudos sobre conforto lumínico em ambientes de ensino, incluindo estudos realizados com crianças e estudos referentes à simulação computacional.

A primeira etapa do trabalho consistiu na revisão da literatura sobre o tema incluindo uma revisão sistemática dos estudos mais recentes realizados. Os critérios utilizados para escolha dos artigos foram:

1. Palavras-chave;
2. Artigos de Periódicos revisados por pares;
3. Recorte Temporal;
4. Bases de Pesquisa;
5. Títulos e resumos.

⁸ A aplicação de questionários não foi possível devido aos riscos gerados pela exposição ao novo coronavírus e pela impossibilidade de se aplicar questionários online ao público alvo desta pesquisa.

Primeiramente, foram escolhidas as palavras-chave que mais se aproximavam do tema em estudo, divididas em três buscadores distintos, para ampliar os resultados. As pesquisas por palavras-chave foram divididas em três etapas, a primeira dedicada a conforto lumínico, escolas e simulação computacional, a segunda dedicada a conforto lumínico, escolas, crianças e janelas, e a terceira sobre conforto lumínico, escolas, crianças e ofuscamento. O idioma inglês foi escolhido para as palavras-chave por ser o idioma que possui mais publicações, inclusive trabalhos de autores nacionais e de nacionalidades diversas.

A segunda etapa escolhia apenas artigos de periódicos revisados por pares. Após esse critério, era aplicado o recorte temporal de 2010 a 2020, e então selecionadas bases de pesquisa específicas, como *Scopus*, *ScienceDirect* e *Web of Science*. A população alvo desta pesquisa são crianças, entretanto, pela pouca abundância de literatura sobre este tema e relacionada a esta faixa etária, a idade não foi indicada como critério excludente.

Após aplicados os critérios de exclusão, foram selecionados os trabalhos pelos títulos mais relacionados com o tema desta pesquisa, e foi feita uma segunda seleção dos trabalhos mais relevantes para leitura integral a partir dos seus resumos. Dessa forma, excluíram-se estudos, mesmo que de temas relacionados, que não estivessem incluídos nessas estratégias de busca.

A seguir, observa-se na tabela 7, os critérios de exclusão para os dois conjuntos de palavras-chave com as quantidades de artigos analisados, resumindo a revisão sistemática desenvolvida. A partir da leitura destas pesquisas, foi realizada uma síntese e uma análise dos dados em forma de referencial teórico, apresentando resultados positivos e negativos dos estudos.

O total de artigos escolhidos ao fim da revisão compõe apenas uma parte das referências desta pesquisa. Além dos artigos coletados na revisão sistemática foram pesquisados e estudados outros artigos, dissertações, teses, livros e pesquisas relacionados ao tema proposto, os quais permitiram o desenvolvimento do referencial teórico e embasaram o seguinte trabalho.

Tabela 7 - Resumo da revisão sistemática

1: ("luminous comfort" OR dayligh*) AND (school OR "educational building") AND "building simulation"	
Total encontrado	190
Artigos revisados por pares	186
Inclusão temporal	102
Seleção de bases	96
Seleção pelo título e resumo	13
2: ("luminous comfort" OR dayligh*) AND (school OR "educational building") AND children AND window	
Total encontrado	2963
Artigos revisados por pares	1440
Inclusão temporal	396
Seleção de bases	307
Seleção pelo título e resumo	14
3: ("luminous comfort" OR dayligh*) AND (school OR "educational building") AND children AND glare	
Total encontrado	452
Artigos revisados por pares	287
Inclusão temporal	78
Seleção de bases	63
Seleção pelo título e resumo	3
TOTAL DE ARTIGOS ELEGIDOS APÓS LEITURA (excetuando-se repetições) = 10	

Fonte: Produzido pela autora (2020).

Pelo número reduzido de artigos encontrados na busca, observa-se a escassez de literatura sobre o tema quando aplicados os critérios excludentes escolhidos para a revisão sistemática.

3.2. LEVANTAMENTO DO OBJETO DE ANÁLISE

A segunda etapa foi a definição do objeto de estudo, sendo escolhidas as três escolas da rede municipal de João Pessoa para dar continuidade a estudos sobre iluminação natural, como já explicado anteriormente. Os desenhos arquitetônicos do projeto das escolas padrão foram conseguidos a partir do

acervo dos outros estudos já realizados, na Secretaria de Educação do município.

Foram feitas visitas às escolas, com autorização da Secretaria de Educação e das diretoras de cada unidade, para agendar as datas dos levantamentos que acabaram não acontecendo devido à pandemia. Dessa forma, foi feito apenas um reconhecimento da área para verificação da atualização das imagens do *Google Street View*, para conhecimento de possíveis modificações. A partir disto, o mapeamento das três unidades foi feito no *Google Earth*, para visualização da orientação de cada escola, como também do entorno de cada uma, o que também foi levado em consideração para modelagem dos arquivos tridimensionais.

As cartas solares de cada sala foram desenvolvidas no *software* Analysis SOLAR, de forma que fosse analisada a incidência do sol ao longo do ano nas aberturas das salas de aula, antes das simulações computacionais serem iniciadas.

3.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – APOLUX IV

A terceira etapa foi de desenvolvimento da simulação computacional dos modelos tridimensionais das escolas realizadas com o programa APOLUX IV, o qual teve sua última versão compilada em 1 de outubro de 2020, com o objetivo de analisar a incidência da luz natural nas salas principalmente nos horários e datas nos quais Quirino (2018) coletou dados em campo.

Segundo Cunha (2011), é possível visualizar no programa Apolux a distribuição de luminâncias de diferentes pontos da abóbada, a partir da localização geográfica e das condições meteorológicas em qualquer dia e horário do ano. Além de ser um programa nacional, gratuito e com informações acessíveis para tirar dúvidas, possui confiabilidade por já ter sido associado a diversas publicações acadêmicas⁹.

⁹ Disponível em: <https://foton.arq.ufsc.br/>. Acesso em: jul. 2021.

Atualmente, a iluminação natural não é muito utilizada nessas escolas, pois as salas são todas condicionadas artificialmente e as janelas possuem persianas. Entretanto, para esta pesquisa se considerará principalmente a situação existente durante a pesquisa de Quirino (2018), na qual as salas não possuíam persianas, mas películas nas janelas, as quais minimizavam a incidência da iluminação natural direta, e é importante destacar que devido a utilização de condicionamento de ar, a abertura superior lateral de todas as salas foi vedada.

Devido a essas modificações nas salas, foram construídos dois modelos tridimensionais para cada escola. Um com a configuração do projeto em sua situação inicial, mantendo a abertura lateral, as janelas sem películas e utilizando a luz natural como iluminação, e outro com a configuração da situação atual, no momento da realização da pesquisa de Quirino (2018), sem a abertura lateral, com películas nos vidros das janelas e utilizando iluminação artificial.

Além das simulações estáticas que verificam a probabilidade de ofuscamento, também foram realizadas simulações dinâmicas de EALN – Estimativa Anual de Luz Natural, para se observar o comportamento da luz do sol nos ambientes ao longo do ano. As simulações dinâmicas analisaram as duas configurações de projeto citadas anteriormente, e as simulações estáticas analisaram apenas a configuração da situação atual de projeto. Os ambientes também foram analisados a partir de sua estrutura, suas características construtivas e suas especificidades interiores, como mobiliários, revestimentos, e decorações, a partir fotografias e desenhos técnicos das edificações, para que essas informações pudessem ser inseridas nos modelos virtuais das simulações.

Para as simulações no programa APOLUX IV, primeiramente foi reorganizado o modelo tridimensional no *SketchUp 2020*, pois o APOLUX IV trabalha com uma quantidade limite de planos, e devido a essa especificidade, não é aconselhável que os modelos sejam muito pesados ou contenham informações desnecessárias. Após essa remodelagem, o arquivo foi exportado na extensão DXF (*Drawing Exchange Format*) para ser aberto no programa pelo Módulo de modelagem Fractal.

No Módulo Fractal, são escolhidos parâmetros de localização (figura 15) para o modelo, no caso, João Pessoa era uma localidade que já estava pré-definida no programa. Também é nesse módulo que os materiais passam a ser definidos e

relacionados às suas propriedades óticas, caso sejam opacos ou transmissores, e são definidas suas refletâncias médias (figura 16).

Figura 15 - Parâmetros de localização no APOLUX IV

Fonte: Elaborado pela autora (2020) no APOLUX IV.

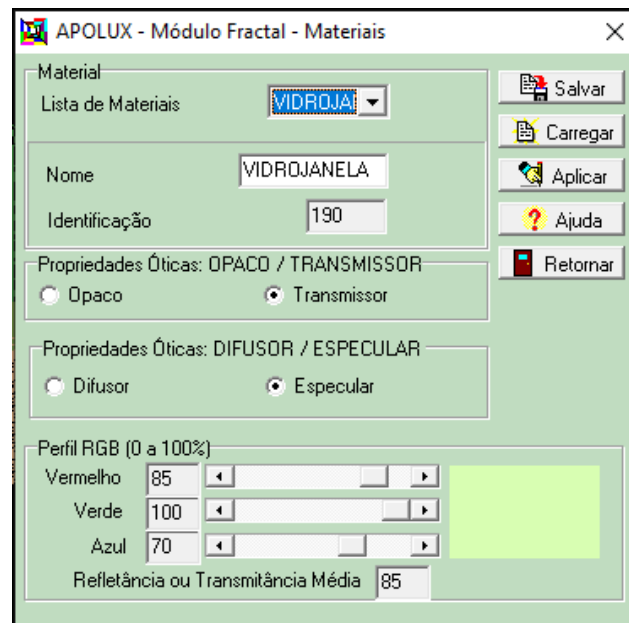
Tanto os materiais quanto os níveis que são configurados no APOLUX IV devem ser previamente ordenados nas camadas do programa no qual foi feita a modelagem inicial, a fim de se otimizar o tempo das simulações com um modelo mais limpo e organizado. Nos níveis, inicia-se o fracionamento dos planos do modelo, processo que gera os vértices de calculados nas simulações, e recomenda-se que os planos mais importantes para as análises sejam os mais fracionados, para que haja uma maior precisão nos cálculos das simulações (figura 17).

O fracionamento no APOLUX IV trabalha na divisão das superfícies do modelo tridimensional em parcelas, aplicando os conceitos matemáticos utilizados durante o processamento do método “Radiosidade”. Um maior número de fracionamentos resulta numa superfície com mais informações sobre a iluminação do local.

Na tabela 8, a seguir, apresentam-se os valores dos coeficientes de reflexão utilizados em cada nível no APOLUX IX, bem como os fatores de divisão utilizados no processo de fracionamento do modelo. Os coeficientes de reflexão

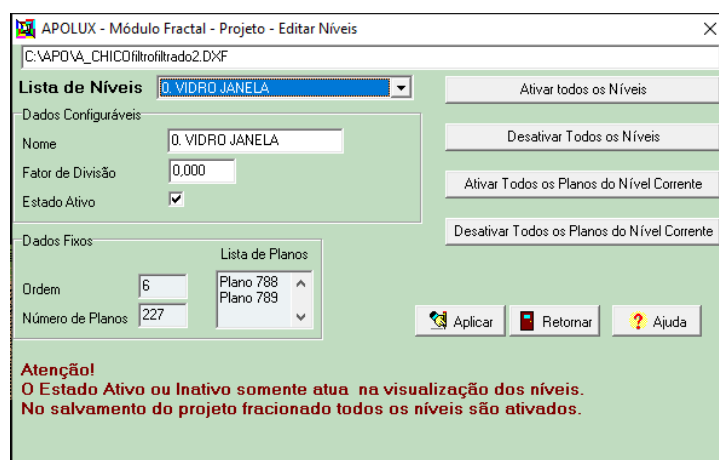
foram escolhidos com base em Oliveira (2012), que utilizou o cartão de cores do *Lighting Guide 11: Surface reflectance and colour* (2011), e percebe-se que os valores estão dentro dos valores considerados adequados pela norma ABNT NBR 8995-1 (2013).

Figura 16 - Materiais e propriedades no APOLUX IV



Fonte: Elaborado pela autora (2020) no APOLUX IV.

Figura 17 - Níveis do projeto no Módulo Fractal



Fonte: Elaborado pela autora (2020) no APOLUX IV.

Tabela 8 - Níveis de refletância e fracionamento dos materiais

Camadas / Níveis	Coeficiente de Reflexão	Fator de Divisão
Entorno	0,60	0,5
Caixa d'água	0,26	0,2
Quadro	0,81	0,2
Parede	0,60	1
Piso	0,30	1
Planos	0,81	10
Porta	0,80	1
Telhado	0,35	0,2
Teto	0,70	1
Esquadria Janela	0,82	1
Vidro Janela	0,85	0

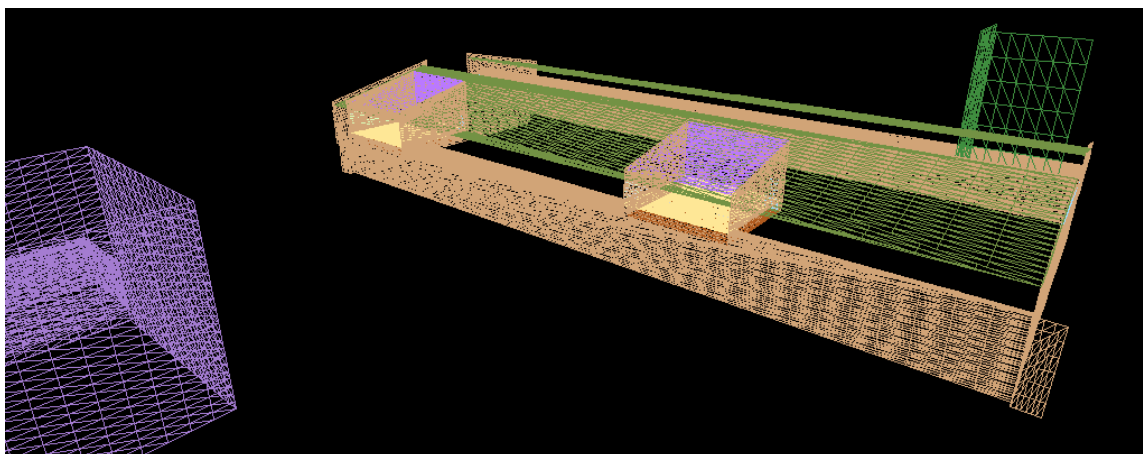
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Os planos de análise, por serem importantes nas simulações possuíram o maior fator de divisão com valor 10. O vidro possui fator de divisão zero por se tratar de um material transmissor especular. A refletância média do solo foi definida como 30, segundo especificações do programa. Após o fracionamento de cada nível foi feito um fracionamento geral com fatores variados para os modelos de cada escola, já que o máximo testado pelo programa com a máxima resolução de visibilidade foi de 30000 vértices para simulações dinâmicas e 100000 vértices para simulações estáticas, acima desse valor pode gerar erros. O fracionamento geral da escola A teve como fator de divisão 0,1 (ilustrado na figura 18); o da escola B foi 0,25; e o da escola C foi 0,12; sendo todos os fatores escolhidos após várias tentativas, de forma que a quantidade de vértices não ultrapassasse o limite de 30000.

O processo seguinte foi salvar o projeto no módulo de modelagem Fractal para ser aberto no módulo de simulação Fóton do APOLUX IV. Nesse módulo, são definidos os parâmetros da Abóbada (figura 19), onde podem ser inseridas informações de localização, data, horário e tipos de céu para as simulações. Também é importante verificar se os materiais e os níveis continuam

configurados de acordo com o módulo Fractal, além de definir quais níveis são planos de análise.

Figura 18 - Modelo após fracionamento no Módulo Fractal



Fonte: Elaborado pela autora (2020) no APOLUX IV.

Em seguida, após serem definidos todos os parâmetros de análise, inicia-se o processo de cálculo de Visibilidade, e para isso é necessário ainda definir o globo das análises. O APOLUX IV oferece 8 globos que variam entre o número de parcelas de divisão de ângulos. Quanto mais parcelas, melhor o resultado final da análise e maior o tempo de processamento de cada cálculo. O globo definido para todos os cálculos deste trabalho foi o globo 8, que define a resolução da visibilidade em 150 faixas e 146198 parcelas.

Para simulações dinâmicas, opta-se pelo cálculo simples, e para simulações estáticas, a opção deve ser a de cálculo completo de visibilidade. Nas simulações dinâmicas, foi utilizado o arquivo contendo dados climáticos da cidade de João Pessoa¹⁰. Em seguida, calcula-se a radiosidade, com o número de ciclos utilizado igual a 10, obtendo-se um modelo com a resolução como mostra a figura 20, pronto para os cálculos de obtenção das variáveis desejadas nas simulações.

¹⁰ Disponível em: https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/BRA. Acesso em: ago. 2020.

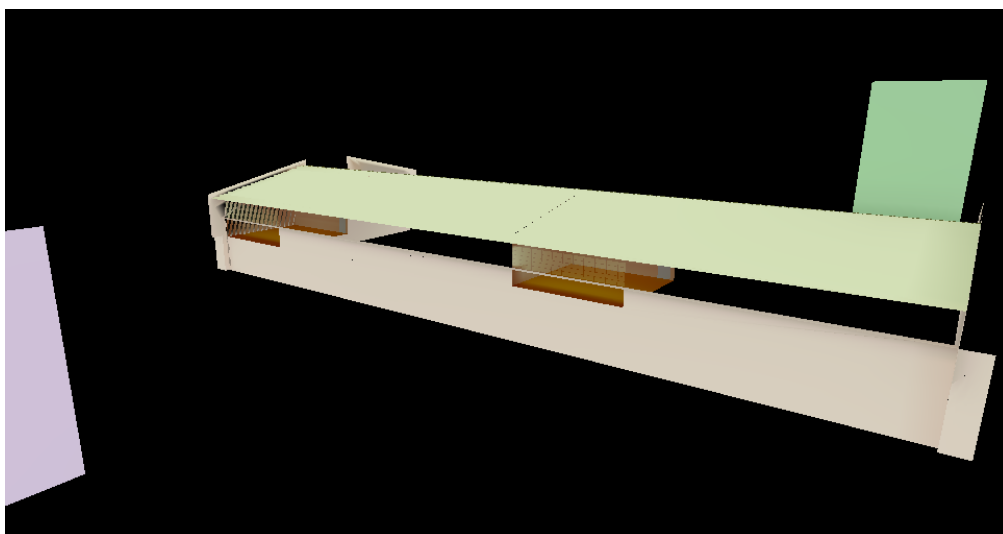
Figura 19 - Parâmetros da Abóbada no Módulo Fóton

The screenshot shows the 'Abobadas' software window with the following sections:

- Parâmetros Geográficos:** LOCAL: João Pessoa - PB - Paraíba; Latitude: 7.11 (Norte); Longitude: 34.86 (Leste); Altitude: 44 (metros).
- Parâmetros Temporais:** Mês: Agosto; Dia: 27; Hora: 10; Minutos: 42.
- Parâmetros do Tipo de Céu:** Característica: Com Luminâncias de baixa turbidez; Grupo de Gradação: 5; Grupo de Indicatriz: 4.
- Definição de Parâmetros:**
 - Valores de Referência:** Turvamento: 1.470 (0.100 to 4.000); Razão Iluminância Difusa / Extraterrestre Horizontal: 0.140 (0.080 to 0.200).
 - Iluminâncias Prováveis:** Global: 108474.8; Difusa: 11066.8; Direta: 97408.0 (Azimute Sol: 55.1 gr; Altura Sol: 59.7 gr).
- Tipos de Céu:** A list of 16 sky types, with '12) CIE - Padrão Céu Claro I' selected.
- Calcular Abóbada Com:** Azimute / Altura Angular do Sol.
- Azimuth / Alt. Angular do Sol:** Azimute (0 a 359): 55; Altura Angular (1 a 90): 59.
- Orientação (Norte):** Azimute do Eixo +Y do Projeto: 0.
- Tipo de Cálculo:** Sol e Céu.
- Luminância do Zenit:** 3487.8 cd/m².

Fonte: Elaborado pela autora (2020) no APOLUX IV.

Figura 20 – Modelo da escola A após cálculos de visibilidade e radiosidade



Fonte: Elaborado pela autora (2020) no APOLUX IV.

Depois de diversas tentativas e processos de análise com diferentes fracionamentos, tipos de globo e parâmetros, foram obtidos resultados gerais de simulações dinâmicas, referentes à iluminância, ASE e UDI, e resultados de simulações estáticas, referentes às porcentagens de iluminância nas salas em intervalos predeterminados e à probabilidade de ofuscamento.

Em cada sala de aula das escolas foram feitas simulações que auxiliam na avaliação qualitativa do ofuscamento. As simulações foram feitas em 9 pontos em cada sala de aula, e em dois horários diferentes, de forma que correspondessem aos mesmos horários e à mesma data dos levantamentos de campo de Quirino (2018), além de estarem em áreas das salas correspondentes aos também aos locais onde os sensores mediram as iluminâncias.

A altura dos olhos para as análises do campo visual foi definida de acordo com os “dados amostrais e estimativas populacionais das medianas de altura e peso de crianças e adolescentes até 19 anos de idade, por sexo, segundo a idade - Paraíba - período 2008-2009” (IBGE, 2010). Considerando-se as alturas limite de ambos os sexos (130,4cm a 158,3cm) da faixa etária em estudo e estimando a altura dos olhos da criança com uma altura mediana sentada, chegou-se a um valor de 140cm.

As simulações consideraram a data, o horário e o tipo de céu descrito pela autora nos dias de suas medições e das aplicações de questionários, conforme sintetizado na tabela 9 a seguir.

Os questionários foram aplicados por Quirino (2018) em datas diferentes de suas medições pela inviabilidade da montagem e utilização dos equipamentos em salas em horário de aula cheias de alunos, o que pode causar acidentes e também modificações nos valores das medições.

As simulações nessa situação foram feitas considerando o horário da metade do tempo total da aplicação em cada sala, que foi o tempo considerado para que os alunos entendessem as perguntas e pudessem começar a respondê-las.

Tabela 9 – Condições do levantamento *in loco* de Quirino (2018)

SALAS	DIA HORA QUESTIONÁRIOS	DIA HORA MEDIÇÕES	TIPO DE CÉU MEDIÇÕES	ABERTURAS (ORIENTAÇÃO)
A1	27/08/18 07h40 - 08h01 (07h50*)	27/08/18 10h42	Céu claro (12)**	SE
A2	27/08/18 08h05 - 08h41 (08h23*)	27/08/18 11h42		SE
B1	21/08/18 14h19 - 14h59 (14h39*)	23/08/18 12h58	Céu claro com algumas nuvens (13)**	S
B2	21/08/18 13h39 - 14h15 (13h57*)	23/08/18 12h46		N
C1	04/09/18 08h44 - 09h19 (09h01*)	04/09/18 14h37	Céu parcialmente nublado (6)**	NO
C2	04/09/18 10h32 - 11h04 (10h48*)	03/09/18 14h37		SE

*Simulações no horário das aplicações dos questionários.

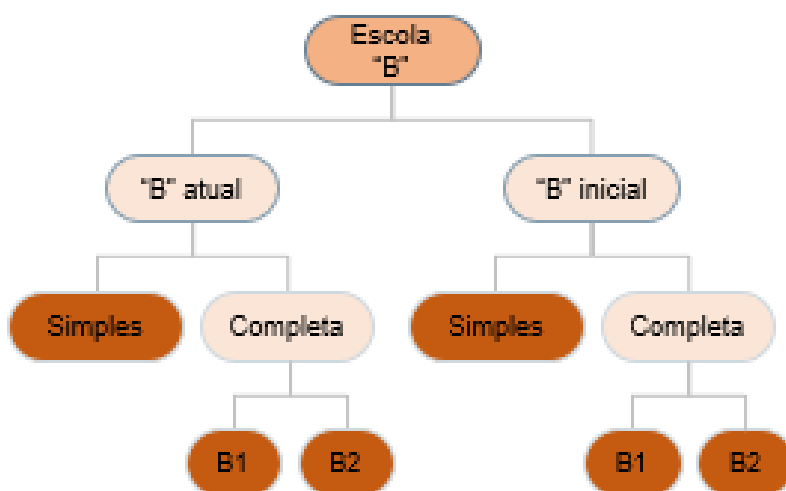
**Numeração relativa à classificação do programa APOLUX.

Fonte: Elaborado pela autora (2020) com base em Quirino (2018).

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

Em cada escola, foram feitas simulações considerando o modelo da situação inicial de escola e o modelo da situação atual (figura 21 a seguir exemplificando a escola B). O modelo da situação inicial considera a existência da abertura lateral, a não utilização de luz artificial e uma janela sem película nos vidros.

Figura 21 - Esquema das simulações feitas por escola



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

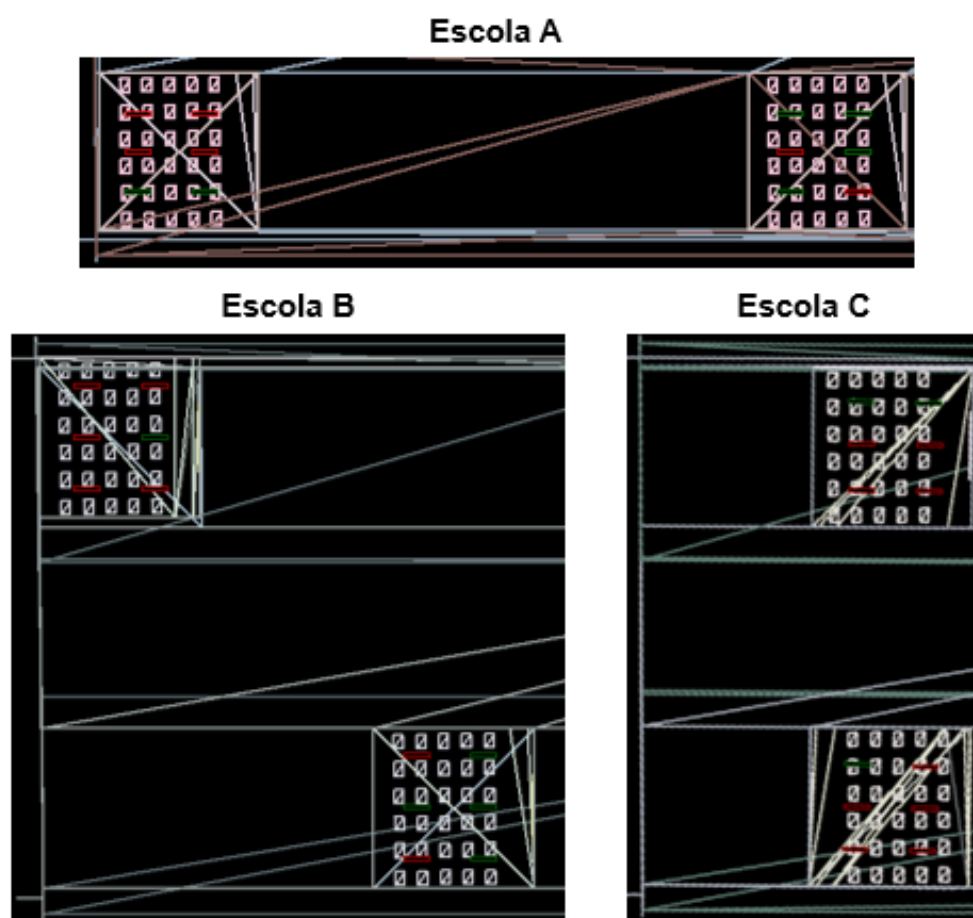
O modelo da situação atual considera que a abertura lateral superior foi fechada (para utilização de ar condicionado), que há utilização de iluminação artificial (também de acordo com os levantamentos de Quirino) e que os vidros da janela possuem película¹¹. Na figura 22, estão indicadas as lâmpadas que estavam funcionando nas datas das medições *in loco*, em vermelho as ATIVAS e em verde as INATIVAS.

Para os modelos das situações inicial e atual foram feitas simulações simples (dinâmicas) e completas (estáticas). As medições estáticas foram realizadas utilizando os horários dos dados levantados por Quirino (2018), tanto das medições quanto das aplicações dos questionários.

Os dados simulados do modelo das situações inicial e atual foram comparados de forma a verificar se as mudanças realizadas nas salas foram benéficas ou não para os alunos, com relação à iluminação das salas ao longo do ano.

¹¹ Utilizou-se para as simulações com vidros com película o valor de transmitância de 0,45, de acordo com Santos e Roriz (2007).

Figura 22 - Iluminação artificial das salas



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

As imagens obtidas pelas simulações estáticas no modelo da situação atual foram comparadas com os resultados obtidos por Quirino (2018) na aplicação dos questionários e de suas medições de iluminância, de forma a considerar a opinião dos usuários na análise da avaliação preliminar da possibilidade de ofuscamento.

Para facilitar o entendimento das análises e das legendas dos gráficos, a seguir observa-se a tabela 10, com um resumo dos códigos utilizados para cada sala em cada tipo de simulação realizada. Dessa forma, primeiramente foi realizada uma análise gráfica para posteriormente a análise ser estatística, a fim de serem confrontados os dados das simulações realizadas e os dados coletados por Quirino (2018), e os dados entre as simulações.

Tabela 10 - Códigos das simulações

CÓDIGO	DEFINIÇÃO
A-inicial	Escola A na situação inicial
A-atual	Escola A na situação Atual
A1M-inicial	Sala A1 na situação inicial no momento das Medições
A1Q-inicial	Sala A1 na situação inicial no momento dos Questionários
A2M-inicial	Sala A2 na situação inicial no momento das Medições
A2Q-inicial	Sala A2 na situação inicial no momento dos Questionários
A1M-atual	Sala A1 na situação atual no momento das Medições
A1Q-atual	Sala A1 na situação atual no momento dos Questionários
A2M-atual	Sala A2 na situação atual no momento das Medições
A2Q-atual	Sala A2 na situação atual no momento dos Questionários
B-inicial	Escola B na situação inicial
B-atual	Escola B na situação Atual
B1M-inicial	Sala B1 na situação inicial no momento das Medições
B1Q-inicial	Sala B1 na situação inicial no momento dos Questionários
B2M-inicial	Sala B2 na situação inicial no momento das Medições
B2Q-inicial	Sala B2 na situação inicial no momento dos Questionários
B1M-atual	Sala B1 na situação atual no momento das Medições
B1Q-atual	Sala B1 na situação atual no momento dos Questionários
B2M-atual	Sala B2 na situação atual no momento das Medições
B2Q-atual	Sala B2 na situação atual no momento dos Questionários
C-inicial	Escola C na situação inicial
C-atual	Escola C na situação Atual
C1M-inicial	Sala C1 na situação inicial no momento das Medições
C1Q-inicial	Sala C1 na situação inicial no momento dos Questionários
C2M-inicial	Sala C2 na situação inicial no momento das Medições
C2Q-inicial	Sala C2 na situação inicial no momento dos Questionários
C1M-atual	Sala C1 na situação atual no momento das Medições
C1Q-atual	Sala C1 na situação atual no momento dos Questionários
C2M-atual	Sala C2 na situação atual no momento das Medições
C2Q-atual	Sala C2 na situação atual no momento dos Questionários

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Então foram analisados estatisticamente com o programa *R Studio*, a partir de uma tabela organizada no *Excel*, de modo a possibilitar o salvamento na extensão .csv e o carregamento posterior no *R Studio*. Em consequência disso, as preferências e percepções dos alunos obtidas como respostas dos questionários foram transformadas em variáveis categóricas. Essas variáveis foram posteriormente correlacionadas com os dados de iluminância obtidos no programa APOLUX IV a partir das simulações computacionais, para verificar quais tinham níveis significativos de correlação. Foi utilizada a Regressão Linear Generalizada de um Modelo Linear Generalizado, no *R Studio* para verificar essas correlações e produzir gráficos que mostrassem os resultados

significativos da pesquisa, isolando-se as variáveis dependentes e testando quais variáveis independentes tinham maior correlação.

Nesta etapa, após uma tabulação de todos os dados coletados sobre posições dos alunos durante aplicação dos questionários e suas respostas, medições e simulações computacionais, foram observados primeiramente quais eram os tipos de variáveis para escolher qual modelo seria mais adequado para as análises. Todos os dados citados neste tópico encontram-se no Apêndice C desta pesquisa.

Devido à quantidade de dados coletados, de uma amostra de 95 usuários, sendo tanto variáveis numéricas (quantitativas), quanto categóricas (qualitativas), foi escolhido o Modelo Linear Generalizado - GLM, com resposta binária e distribuição de resíduos binomial (função de ligação *logit*), para ser trabalhado no *R Studio*. De acordo com Faraway (2016), um Modelo Linear Generalizado é capaz de lidar com uma gama mais ampla de dados com diferentes tipos de variáveis resposta.

A partir da escolha do modelo, foram feitas regressões lineares generalizadas para verificar quais variáveis possuíam parâmetros significativos e desempenho razoável. Dessa forma, foram desenvolvidos três modelos logísticos com as variáveis binárias dependentes de ofuscamento a seguir, definidas a partir de respostas dos questionários:

- *Ofusamb*: se o aluno acha o ambiente claro e diz que prefere mais escuro;
- *Ofussolqua*: se o aluno diz que a luz do sol incide no quadro e acha o ambiente claro ou muito claro;
- *Ofusmesa*: se o aluno tem dificuldade de enxergar na mesa e acha o ambiente claro ou muito claro.

Para a variável *ofusamb* foram consideradas as respostas dos alunos sobre suas percepções e preferências do ambiente, relacionadas com o aluno perceber o ambiente como claro e preferir que fosse mais escuro. Com a variável *ofussolqua* foram consideradas as respostas sobre a percepção do ambiente do aluno e os problemas relacionados ao quadro com relação à incidência de luz. E já com a

variável *ofusmesa* foram consideradas as respostas dos alunos sobre a dificuldade para enxergar a carteira e sua percepção do ambiente.

Essas novas variáveis tinham como resposta “sim” ou “não” e foram relacionadas em diferentes arranjos em função das nove variáveis independentes listadas a seguir:

- *LP*: medições de iluminância realizadas *in loco* nos planos de trabalho, que, nesse caso, são as carteiras dos alunos;
- *SMP*: medições de iluminância nos planos de trabalho realizadas a partir de simulações computacionais nos horários das medições *in loco*;
- *SQP*: medições de iluminância nos planos de trabalho realizadas a partir de simulações computacionais nos horários da aplicação dos questionários;
- *SMQ*: medições de iluminância no quadro das salas realizadas a partir de simulações computacionais nos horários das medições *in loco*;
- *SQQ*: medições de iluminância nos planos de trabalho realizadas a partir de simulações computacionais nos horários da aplicação dos questionários;
- *MFxE*: contraste de iluminância entre a parte central (foco) e a parte intermediária (ergo) do campo visual, medido a partir de simulação no horário das medições *in loco*;
- *MExP*: contraste de iluminância entre a parte intermediária (ergo) e a parte externa (pan) do campo visual, medido a partir de simulação no horário das medições *in loco*;
- *QFxE*: contraste de iluminância entre a parte central (foco) e a parte intermediária (ergo) do campo visual, medido a partir de simulação nos horários da aplicação dos questionários;
- *QExP*: contraste de iluminância entre a parte intermediária (ergo) e a parte externa (pan) do campo visual, medido a partir de simulação nos horários da aplicação dos questionários.

No *R Studio*, foram descritos modelos lineares generalizados para cada variável dependente de ofuscamento, exemplificados a seguir a partir dos *scripts* do modelo para a variável *ofusamb* (para as outras variáveis foram utilizados outros *scripts*):

```
- m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQP+SMQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQP+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~SMP+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~SMP+SQQ+MFxE+MExP+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~SMP+SQQ+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
- m=glm(ofusamb~SMP+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

Para cada item das rotinas anteriores (como também para as rotinas das outras duas variáveis), foram verificadas quais combinações entre as variáveis eram mais significativas a partir do *p-valor* ($<0,05$). Os valores mais significativos possuem, após o valor, três asteriscos (*), reduzindo para dois e até um, conforme menor significância. O programa também considera que a variável possui alguma significância quando insere um ponto (.) após o valor.

A partir disso foi determinado o intervalo de confiança para estimar os coeficientes dos modelos, e a medida *pseudo-R2* (para GLMs), que representa o ajuste geral do modelo proposto, de acordo com Battisti e Smolski (2019). Em seguida, foi criada a matriz de confusão de cada modelo, que é um método que qualifica o ajuste do modelo, considerando as seguintes observações a partir das condicionais de cada variável dependente:

- *Verdadeiro Positivo*: quais observações o modelo previu como aceitáveis e eram realmente aceitáveis;
- *Falso Positivo*: quais observações o modelo previu como aceitáveis, mas não eram aceitáveis;

- *Verdadeiro Negativo*: quais observações o modelo previu como não aceitáveis e eram realmente não aceitáveis;
- *Falso Negativo*: quais observações que o modelo previu como não aceitáveis, mas eram aceitáveis.

De acordo com Usueli (2014), em uma situação ideal, os valores de verdadeiros positivos resultam em 1 e os valores de falsos positivos resultam em 0 (canto superior esquerdo), então, quanto mais próxima a curva estiver do canto superior esquerdo, melhor. O gráfico das matrizes de confusão gera uma curva bidimensional que mensura a capacidade de predição do modelo proposto (BATTISTI e SMOLSKI, 2019). A área sobre a curva (AUC) é um indicador com valor entre 0 e 1, e quanto maior, mais realista. Esse indicador nunca deve estar abaixo de 0,5 e é aceitável quando acima de 0,7 (HOSMER e LEMESCHOW, 2000 *apud* BATTISTI e SMOLSKI, 2019).

4. RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados o objeto de estudo e os dados obtidos a partir das simulações computacionais no programa APOLUX IV, entre as escolas do modelo da situação inicial e as escolas do modelo da situação atual, que, em seguida, serão confrontados com os dados de Quirino (2018)¹², referentes às escolas A, B e C.

O estudo parte de uma análise mais geral das salas, pelas simulações dinâmicas, para uma análise mais específica, pelas simulações estáticas, considerando o campo visual e as respostas dos alunos aos questionários.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ESCOLAS

As escolas do objeto de estudo localizadas no município de João Pessoa, estão indicadas na figura 23 a seguir. As três escolas localizam-se quase numa reta, e, entre as duas escolas das extremidades distam 12km, estando a EMEF Leonel Brizola localizada bem no centro, a 6km da EMEF Chico Xavier e também a 6km da EMEF Radegundis Feitosa (em linha reta).

Para facilitar a compreensão, ao longo deste trabalho as três escolas serão nomeadas de A, B e C, de acordo com a figura 23. Dessa forma, a EMEF Chico Xavier, localizada no bairro Bessa, será a escola A; a EMEF Leonel Brizola, localizada no bairro Tambauzinho será a escola B; e a EMEF Radegundis Feitosa, localizada no bairro José Américo de Almeida será a escola C.

A seguir, observam-se imagens (figuras 24, 25 e 26) dos anos de 2005, 2011, 2015 e 2020, retiradas do *Google Earth*, da área ao redor das três escolas e o processo de expansão urbana dos bairros. Os quatro anos foram escolhidos a partir da base de dados disponível no *Google Earth*, e embora algumas imagens possuam muitas nuvens que atrapalham a visualização, elas permaneceram para efeito comparativo entre as três escolas.

¹² Todos os dados citados nesta pesquisa referentes às respostas de questionários foram obtidos por Quirino (2018).

Figura 23 - Localização das escolas no Município de João Pessoa - PB

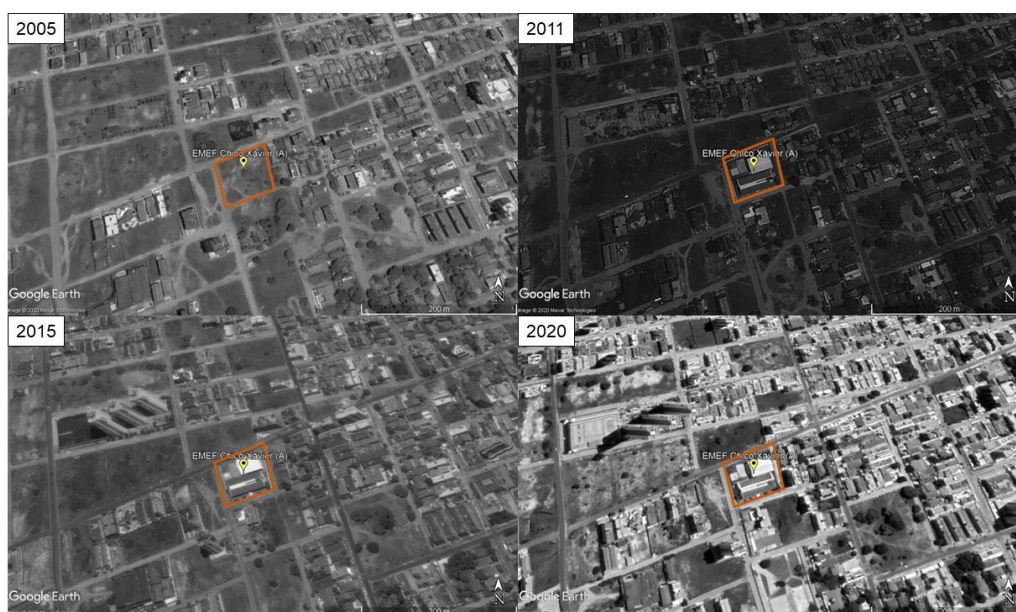


Fonte: Google Earth modificado pela autora (2020).

O bairro que menos apresentou mudanças foi o bairro da escola B, Tambauzinho, por já possuir um entorno mais consolidado; o que apresentou um crescimento mais significativo foi o bairro Bessa, da escola A, onde haviam muitos terrenos vazios; e o bairro José Américo de Almeida, da escola C teve um crescimento intermediário, pois ainda é um bairro que está em expansão.

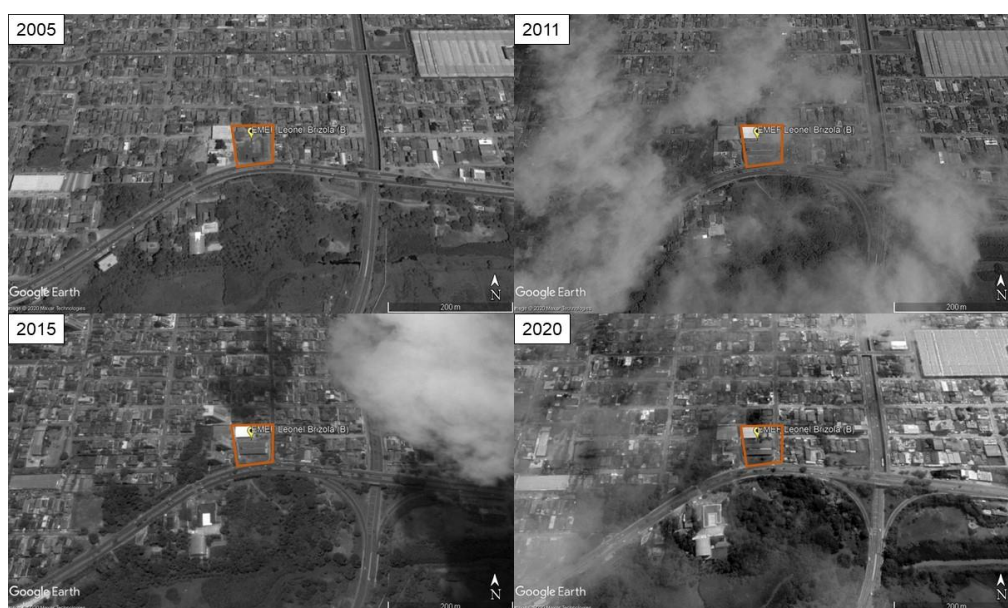
O entorno das edificações também traz implicações para o conforto ambiental das mesmas, como discutido no capítulo anterior. Tanto o conforto acústico quanto o térmico e o lumínico são afetados com o crescimento urbano, devido aos ruídos causados pelo tráfego de veículos ou pelas atividades desempenhadas nas construções adjacentes, à obstrução da ventilação e iluminação naturais por edifícios mais altos ou mal dispostos nas quadras, como também ao aumento da temperatura ocasionado pela maior absorção da radiação solar pelas áreas construídas.

Figura 24 - Expansão urbana do entorno da escola A



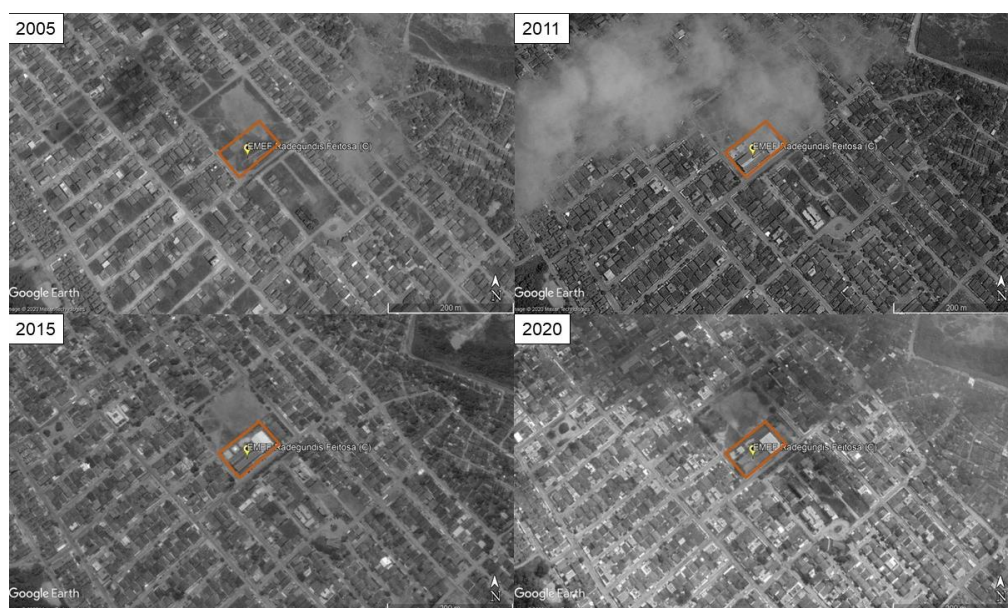
Fonte: Google Earth modificado pela autora (2020).

Figura 25 - Expansão urbana do entorno da escola B



Fonte: Google Earth modificado pela autora (2020).

Figura 26 - Expansão urbana do entorno da escola C



Fonte: Google Earth modificado pela autora (2020).

Em cada escola foram analisadas duas salas de aula, nas quais já foram feitas medições de iluminação natural em estudos anteriores e já foi realizada a aplicação de questionários às crianças por Quirino (2018)¹³.

Os dados levantados nessas medições serviram de comparação com os dados das simulações computacionais. As salas serão especificadas pela letra da escola correspondente (A, B ou C) seguida pelo número 1 ou 2, sendo assim, serão analisadas ao todo seis salas de aula, sendo elas: A1 e A2, B1 e B2, e C1 e C2, como mostrado nas figuras 27, 29 e 31.

Nas figuras 28, 30 e 32, pode-se observar cartas solares obtidas pelo programa *Analysis SOL-AR*, utilizando a latitude da cidade de João Pessoa e a orientação de cada sala de aula. As salas dispostas nas extremidades das escolas possuem além da proteção horizontal acima das janelas (comum a todas as salas das escolas) uma proteção vertical lateral, configurando uma pequena mudança na carta solar dessas salas.

¹³ As medições que iriam ocorrer ao longo desta pesquisa foram suspensas devido à pandemia do novo coronavírus, dessa forma, foram utilizados dados coletados por Quirino (2018).

Figura 27 - Escola Municipal Chico Xavier (escola A)



Fonte: Quirino (2018), adaptado pela autora (2021).

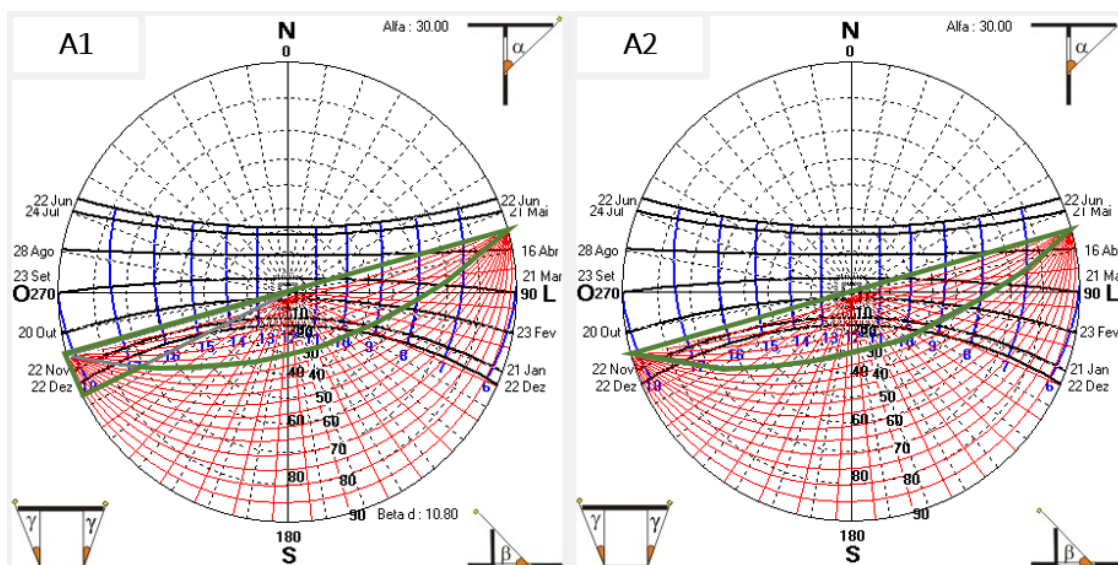
As salas A1 e A2 (figura 28) estão localizadas na mesma fachada da escola A, e a leitura das cartas solares das duas salas indica que de dezembro a fevereiro as salas recebem luz entre 6 e 9 horas da manhã, e de março a abril, antes das 8 horas da manhã. Durante a tarde as salas não recebem iluminação direta ao longo do ano.

Os diagramas da figura 30 mostram que na escola B, devido às salas estarem situadas em lados opostos, observa-se uma mudança significativa na incidência de luz solar direta ao longo do ano. Na sala B1, de dezembro a fevereiro há insolação de 6h às 8h, e de setembro a dezembro, das 16h às 18h. Na sala B2 há incidência direta da luz de março a maio no início da manhã, em junho durante todo o dia, de julho a setembro pelo fim da tarde, e proteção solar de outubro a fevereiro.

A figura 32 mostra que a sala C1 recebe insolação no período da tarde, e entre o meio e o fim do ano, a quantidade de horas de insolação diminui. Já a sala C2 é exatamente oposta (com relação à orientação) à sala C1, e ela recebe o sol da

manhã, nos primeiros meses do ano quase a manhã inteira, e nos outros meses por menos horas.

Figura 28 – Diagramas solares das salas A1 e A2



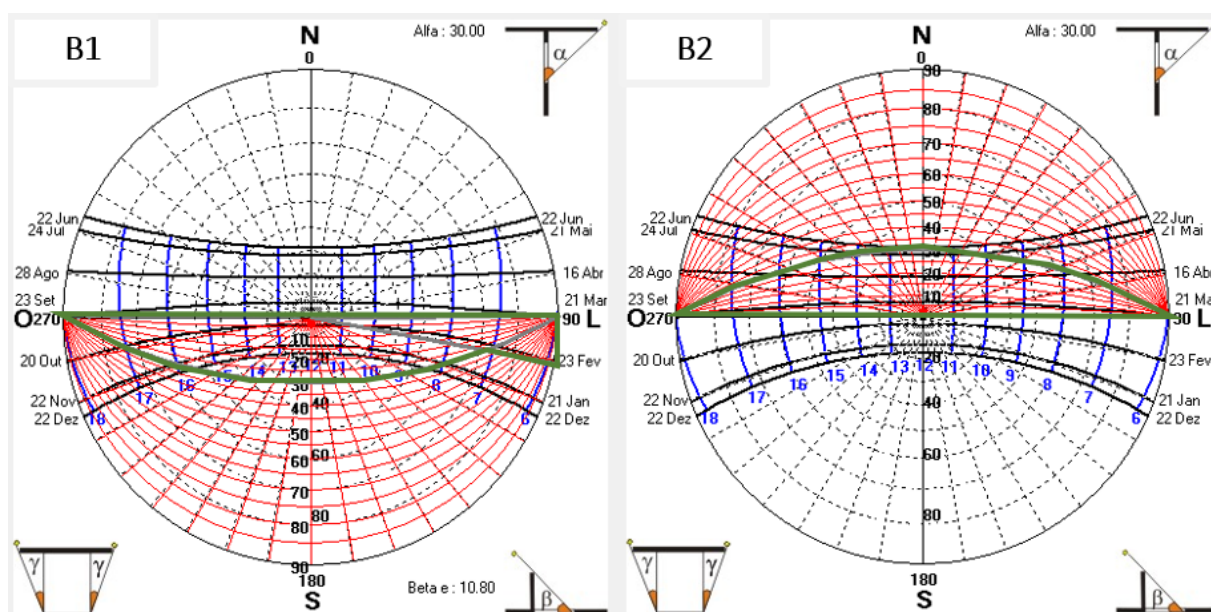
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no SOL-AR.

Figura 29 - Escola Municipal Leonel Brizola (escola B)



Fonte: Quirino (2018), adaptado pela autora (2021).

Figura 30 - Diagramas solares das salas B1 e B2



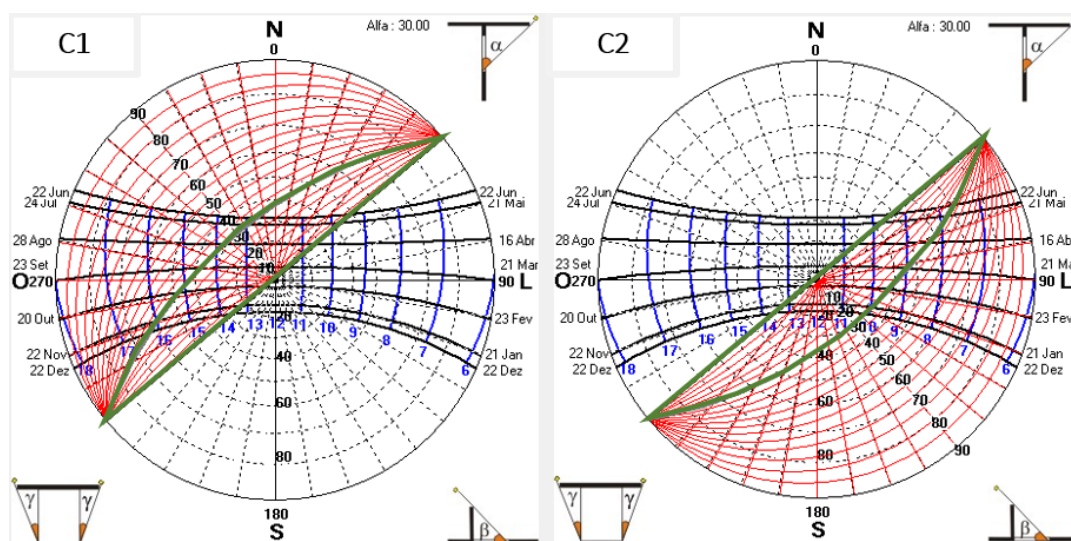
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no SOL-AR.

Figura 31 - Escola Municipal Radegundis Feitosa (escola C)



Fonte: Quirino (2018), adaptado pela autora (2021).

Figura 32 - Diagramas solares das salas C1 e C2



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no SOL-AR.

4.2. SIMULAÇÕES DINÂMICAS

No APOLUX IV, as simulações dinâmicas correspondem às simulações “simples”, que geram métricas correspondentes à iluminação natural incidente ao longo do ano em determinado lugar.

As simulações simples resultaram em dados de iluminância, ASE e UDI. Foram calculados quatro intervalos de UDI, que foram abaixo de 150 lux, entre 150-300 lux, entre 300-2000 lux, e acima de 2000 lux. Esses valores foram adotados devido ao valor estabelecido pela norma NBR ISO 8995-1, que considera 300 lux a quantidade ideal para ambientes de salas de aula, e 2000 lux o limite aceitável para que não haja sensação de ofuscamento.

Os gráficos abaixo de 150 lux não foram inseridos no trabalho porque os valores não foram significativos. Todos os gráficos das simulações dinâmicas encontram-se no Apêndice A, ao final deste trabalho.

É importante ressaltar que os planos de análise foram dispostos a uma altura de 0,75m do piso das salas de aula, valor indicado pela norma de iluminância em interiores, NBR 5413 (altura também utilizada por Quirino em suas medições). Dessa forma, os gráficos das análises resultaram de planos situados na altura

mencionada, correspondendo às alturas dos planos de trabalho das crianças, que são suas carteiras.

4.2.1. Escola A

Na escola A, que possui sua fachada principal voltada para sudeste, as janelas das salas de aula analisadas estão localizadas nessa mesma orientação. As salas do modelo A-inicial têm aberturas bilaterais em posições opostas, não têm películas nos vidros e foram simuladas sem a presença de iluminação artificial.

O gráfico 1, de iluminância da simulação dinâmica, mostra os níveis dessa métrica ao longo do ano, que variam de 1000 a 2000 lux, sendo bastante similares nas duas salas, com a incidência um pouco mais leve na proximidade da janela, e aumentando conforme o afastamento da mesma.

O gráfico 2, de UDI entre 150 e 300 lux, mostra que este intervalo possui uma porcentagem baixa de ocorrência ao longo do ano, principalmente no lado das salas mais próximo à janela, onde o valor chega, no máximo, a 2%, e, no restante da sala, fica em torno de 10%. No gráfico 3, de UDI com os valores entre 300 e 2000 lux, percebe-se que cerca de 25% da área de cada sala, quase ao lado da janela, permanece durante 50% do ano no intervalo entre 300-2000 lux, enquanto os 75% do restante da área da sala ficam em torno de 75% do ano nesse intervalo.

O gráfico 4, com UDI acima de 2000 lux, a área próxima à janela, que apresentou menor frequência de UDI no intervalo de 300-2000, apresenta uma porcentagem maior que no restante da sala, de cerca de 50%, enquanto o valor diminui nas extremidades da sala. O gráfico 5, de ASE, confirma que na área com maior UDI das salas da análise do gráfico anterior, é mais provável de haver desconforto visual, pois a incidência da iluminação nessa área ultrapassa 1000 lux ao longo do ano.

As salas do modelo A-atual têm abertura lateral oposta à janela, têm películas nos vidros e foi utilizada iluminação artificial durante as medições. O gráfico 6, de iluminância, mostra que na sala A1 os valores são maiores no centro da sala, em torno de 750 lux, que vão diminuindo conforme se aproximam das

extremidades. Na sala A2, os valores de iluminância também diminuem radialmente do centro até as extremidades, mas o valor máximo ocupa uma porcentagem menor que o da sala A1.

Os gráficos de UDI mostram baixas porcentagens no intervalo entre 150 e 300 lux, oscilando entre 5 e 25% (gráfico 7); no intervalo entre 300 e 2000 (gráfico 8) a área de cerca de 20% de cada sala, quase ao lado da janela, fica no intervalo entre 300-2000 lux durante quase 80% do ano, e as extremidades da sala, tanto do lado da parede da janela quanto na parede oposta (cerca de 40% da área total), ficam nesse intervalo por cerca de 50% do ano; e acima de 2000 lux (gráfico 9) a incidência é muito baixa. O gráfico 10, de ASE da configuração da situação atual, indica que na área próxima à janela há incidência de mais de 1000 lux ao longo do ano.

4.2.2. Escola B

O modelo da escola B-inicial também possui a mesma configuração da escola A, sem películas, sem iluminação artificial e com a abertura superior existente oposta à janela. A sala B1 possui sua janela voltada para a orientação sul, e a sala B2 possui janela orientada para norte.

O gráfico 11, de iluminância, atinge 2000 lux quase na sala inteira, sendo que na sala B1, a área imediata ao lado da janela tem uma incidência de cerca de 500 lux. Os gráficos 12 e 13 de UDI mostram que o intervalo de 300 a 2000 lux é o mais frequente, e cerca de 33% da área das salas (próxima às janelas) se encontra no intervalo entre 300-2000 lux por cerca de 50% do ano, enquanto os outros 67% da área da sala ficam no intervalo cerca de 75% do ano. A área próxima à janela de ambas as salas possui um UDI acima de 2000 lux de cerca de 60% (gráfico 14).

O gráfico 15, da métrica ASE, mostra uma variação maior entre o ASE da sala B1 e o ASE da sala B2. A área da sala B1 na qual a incidência de iluminação excede 1000 lux de 50 a 250 horas anuais é cerca de 4 vezes maior que na sala B2, e, em ambas, a proximidade da janela acentua esses valores.

As salas da escola B-atual possuem valores de iluminância (gráfico 16) mais baixos que as salas da escola B-inicial, já que, apesar de utilizarem iluminação artificial, não possuem a abertura superior e têm película na janela. A sala B2, voltada para norte, tem valores ainda mais baixos que a sala B1, voltada para sul.

As duas salas possuem até cerca de 25% de UDI no intervalo entre 150 e 300 lux (gráfico 17), sendo que a sala B2 possui uma variação maior que a sala B1 conforme a distância da janela aumenta, chegando a 25% nas extremidades daquela sala. No gráfico 18, a sala B1 apresenta quase 50% de sua área próxima à janela com iluminância entre 300-2000 lux ao longo de 80% do ano, e o restante da sala em torno de 70% de iluminância. Já a sala B2, apresenta uma similaridade na metade da sala próxima à janela, mas na outra metade a incidência do intervalo ao longo do ano fica em torno de 30%.

Na sala B1 o UDI acima de 2000 lux (gráfico 19) chega a quase 50% nas proximidades da janela. O gráfico 20, de ASE, evidencia que na sala B1 a incidência de iluminação é maior que na sala B2, tendo uma maior variação de horas por ano em que quase 1/3 da sala ultrapassa 1000 lux.

4.2.3. Escola C

A escola C também possui salas com orientações opostas, entretanto, a sala C1 possui janela voltada para noroeste e a sala C2 possui janela voltada para sudeste. No gráfico 21, de iluminância, é perceptível que não há muita variação entre ambas, que chegam a atingir entre 1000 e 2000 lux ao longo do ano.

Pelos gráficos, são percebidos valores de UDI mais constantes entre 150 e 300 lux na sala C2 (gráfico 22). No intervalo entre 300 e 2000 lux, no gráfico 23, cerca de 33% das áreas mais próximas às janelas nas duas salas, estavam no intervalo de 300-2000 lux em 40% do ano, e os outros 67% de área correspondem no mesmo intervalo a cerca de 75% do ano.

Já no intervalo acima de 2000 lux (gráfico 24), a área próxima à janela da sala C2 chega a quase 75% de UDI, ficando um pouco acima dos valores da sala C1.

O gráfico de ASE (gráfico 25) mostra valores acima de 5 horas ocupam quase 50% de cada sala, sendo o gráfico da sala C1 com valores em quantidade de horas que ultrapassam 1000 lux ao ano, menores que os da sala C2.

No modelo de escola C-atual, a sala C2 possui uma variação maior de iluminância (gráfico 26), indo de 250 a 2000 lux. Nos gráficos 27, 28 e 29, de UDI, os três intervalos também foram semelhantes para as duas salas, mesmo com orientações opostas. O gráfico 28 mostra que cerca de 70% da área das salas possui, e, 75% do ano, iluminância no intervalo entre 300-2000lux, e os outros 30% da área em torno de 50% ao longo do ano.

O gráfico 29, do último intervalo de UDI, mostra que quase 1/3 das salas possui até 10% acima de 2000. De acordo com o gráfico 30, a sala C1 possui uma menor quantidade de horas ao longo do ano que ultrapassam 1000 lux do que a sala C2, atingindo, no máximo, 250 horas anuais.

4.2.4. Situação Atual x Situação Inicial

Analizando comparativamente os gráficos entre as configurações das situações inicial e atual da escola A, na qual as duas salas analisadas estão voltadas para sudeste, percebe-se a menor incidência de luz no interior das salas após as modificações no projeto da situação inicial, principalmente na área paralela próxima à janela, onde ocorria maior possibilidade de haver desconforto visual devido aos valores próximos ou acima de 2000 lux. Então, percebe-se essa redução da iluminância ao longo do ano nas duas salas, ainda que a distribuição de luz continue bastante heterogênea principalmente na faixa próxima à janela, onde a incidência lumínica é bem maior.

Os gráficos UDI e ASE predizem as áreas das salas onde há maior probabilidade de haver ofuscamento quando a incidência lumínica ultrapassa os 1000 lux por um grande período de tempo. É perceptível a redução da iluminância após as modificações projetuais nas salas, trazendo melhorias quanto à redução da incidência direta da luz natural, entretanto, o modelo da situação atual ainda permanece com algumas áreas de iluminância mais intensa, ainda que sejam áreas menores quando comparadas ao modelo da situação inicial.

Na escola B, é evidente a maior incidência solar na sala B1, que possui janela voltada para sul, em comparação com a sala B2, voltada para norte. Os gráficos UDI e ASE confirmam a maior incidência lumínica na sala B1, e o gráfico de UDI entre 300 e 2000 lux mostra que esse intervalo é o mais predominante ao longo do ano.

Percebe-se que havia mais homogeneidade na incidência lumínica no modelo da situação inicial do que no modelo da situação atual na escola B. Entretanto, no modelo da situação atual, mesmo com a distribuição mais heterogênea, os valores de iluminância são mais baixos, mas esse contraste de iluminâncias no ambiente pode ser um fator acentuador do ofuscamento.

Na escola C, a sala C1, voltada para noroeste, e a sala C2, voltada para sudeste, possuem gráficos bastante semelhantes. Entretanto, na métrica ASE, são percebidos valores mais baixos na sala C1. Como nas outras escolas, a escola C-inicial também possui iluminâncias mais homogêneas que na escola C-atual. A redução dos valores da situação inicial para a situação atual da escola C também foi perceptível.

De acordo com o UDI com intervalo entre 300-2000 lux, que é o intervalo desejável, as escolas na situação atual com melhor desempenho seriam a B e a C. Entre as três escolas, a escola C é a que possui mais áreas com níveis significativos de ASE, o que demonstra uma maior probabilidade de haver ofuscamento, já que essas áreas mostram determinadas horas ao longo do ano com iluminância acima de 1000 lux, além dos gráficos de UDI acima de 2000 lux com valores mais altos.

4.3. SIMULAÇÕES ESTÁTICAS E PERCEPÇÕES DOS ALUNOS

As simulações estáticas correspondem às simulações “completas” no Apolux, que geram métricas correspondentes à iluminação natural incidente numa data, horário e tipo de céu específicos. As simulações foram realizadas de acordo com os dados apresentados no capítulo anterior, na tabela 9, e mostram a probabilidade de haver ofuscamento nas salas.

As imagens das análises de ofuscamento a seguir foram originadas a partir do campo de visão gerado na altura de 140cm acima do piso da sala de aula.

Analisando o contraste entre foco e ergo (F x E), o valor será positivo quando a maior iluminância média for no foco e será negativo quando a maior iluminância média for no ergo. E entre ergo e pan (E x P), o valor será positivo quando a maior iluminância média for no ergo e será negativo quando a maior iluminância média for no pan.

Os dados de contraste das simulações que geraram os gráficos de campo foram sintetizados na tabela 11 a seguir, e destacados os valores máximos (em laranja) e mínimos (em azul), e sendo as iniciais **M** e **Q** (após a indicação de cada sala) correspondentes, respectivamente, aos horários de medições e aplicações dos questionários. Na figura 33 estão indicadas as posições analisadas, coincidentes com os sensores utilizados nas medições, e também com a localização dos alunos que responderam os questionários.

Tabela 11 - Contraste de luminância nos gráficos de campo

		A Inicial				A Atual				B Inicial				B Atual				C Inicial				C Atual			
		A1M	A1Q	A2M	A2Q	A1M	A1Q	A2M	A2Q	B1M	B1Q	B2M	B2Q	B1M	B1Q	B2M	B2Q	C1M	C1Q	C2M	C2Q	C1M	C1Q	C2M	C2Q
D1	F x E	-0,05	-0,04	-0,05	-0,08	-0,05	-0,04	-0,05	-0,06	-0,09	-0,08	-0,05	-0,04	-0,08	-0,09	-0,04	-0,07	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01
	E x P	-0,33	-0,3	-0,3	-0,2	-0,28	-0,23	-0,31	-0,19	-0,23	-0,2	-0,28	-0,27	-0,13	-0,21	-0,05	-0,16	-0,22	-0,25	-0,29	-0,27	-0,12	-0,14	-0,16	-0,14
M1	F x E	-0,04	-0,03	-0,05	-0,06	-0,02	0	-0,03	-0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,05	0,03	0,07	0,02	0,02	0,02	0,07	0,08	0,04	0,03	0,1	0,1
	E x P	-0,25	-0,22	-0,22	-0,17	-0,18	-0,1	-0,2	-0,1	-0,28	-0,23	-0,23	-0,23	-0,16	-0,25	-0,02	-0,13	-0,17	-0,2	-0,19	-0,17	-0,05	-0,07	-0,02	0
P1	F x E	-0,22	-0,21	-0,21	-0,24	-0,15	-0,12	-0,18	-0,18	-0,17	-0,18	-0,31	-0,29	-0,12	-0,25	-0,24	-0,31	-0,07	-0,09	0,01	0,02	-0,08	-0,1	0,02	0,03
	E x P	-0,29	-0,27	-0,28	-0,25	-0,24	-0,18	-0,24	-0,16	-0,32	-0,15	-0,32	-0,3	-0,2	-0,09	-0,24	-0,24	-0,35	-0,4	-0,35	-0,3	-0,22	-0,26	-0,17	-0,12
D2	F x E	-0,03	-0,01	-0,02	-0,06	-0,04	-0,03	-0,03	-0,05	-0,01	0,02	-0,04	-0,03	0,03	0,02	0,01	-0,07	-0,01	-0,02	-0,04	-0,03	0	-0,02	-0,04	-0,02
	E x P	-0,36	-0,35	-0,32	-0,23	-0,27	-0,23	-0,31	-0,22	-0,27	-0,26	-0,32	-0,32	-0,19	-0,22	-0,24	-0,22	-0,31	-0,34	-0,32	-0,31	-0,19	-0,2	-0,19	-0,18
M2	F x E	0,01	0,03	-0,01	-0,03	0,02	0,05	0,01	0,03	0,06	0,1	0,02	0,03	0,15	0,09	0,19	0,06	0,12	0,09	0,08	0,1	0,13	0,11	0,13	0,14
	E x P	-0,31	-0,32	-0,28	-0,22	-0,21	-0,16	-0,26	-0,18	-0,33	-0,29	-0,32	-0,32	-0,28	-0,25	-0,32	-0,26	-0,35	-0,38	-0,32	-0,3	-0,21	-0,23	-0,16	-0,14
P2	F x E	-0,32	-0,36	-0,32	-0,4	-0,28	-0,25	-0,28	-0,29	-0,17	-0,16	-0,33	-0,31	-0,07	-0,25	-0,18	-0,3	-0,07	-0,17	0,09	0,12	-0,07	-0,15	0,12	0,14
	E x P	-0,14	-0,1	-0,12	-0,04	-0,06	-0,03	-0,09	-0,01	-0,17	0	-0,2	-0,18	-0,1	0,16	-0,24	-0,15	-0,29	-0,29	-0,43	-0,39	-0,11	-0,12	-0,26	-0,23
D3	F x E	-0,05	-0,04	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01	-0,03	-0,05	-0,02	0	-0,07	-0,07	-0,02	-0,07	0,04	-0,05	-0,02	-0,05	-0,06	-0,05	-0,01	-0,04	-0,03	-0,01
	E x P	-0,3	-0,32	-0,27	-0,21	-0,16	-0,14	-0,2	-0,17	-0,21	-0,12	-0,25	-0,24	-0,07	-0,04	-0,3	-0,22	-0,3	-0,32	-0,29	-0,28	-0,18	-0,2	-0,19	-0,18
M3	F x E	0	0,03	0	0	0	0,07	0	0,05	0	0	0	0	0,07	-0,1	0,22	0,04	0,14	0,09	0,04	0,06	0,14	0,12	0,13	0,15
	E x P	-0,26	-0,3	-0,23	-0,22	-0,12	-0,12	-0,16	-0,16	-0,21	-0,12	-0,29	-0,29	-0,11	0,08	-0,42	-0,27	-0,35	-0,39	-0,37	-0,35	-0,18	-0,22	-0,27	-0,24
P3	F x E	-0,26	-0,36	-0,25	-0,37	-0,2	-0,22	-0,19	-0,22	-0,13	-0,07	-0,26	-0,25	0	-0,11	-0,15	-0,22	-0,07	-0,25	0,01	0,07	-0,02	-0,17	0,13	0,17
	E x P	-0,1	0	-0,1	0,03	-0,04	0,02	-0,06	0,02	-0,1	0,06	-0,14	-0,12	-0,04	0,23	-0,17	-0,1	-0,21	-0,13	-0,37	-0,34	-0,08	-0,04	-0,25	-0,24

Valores mais baixos
Valores mais altos

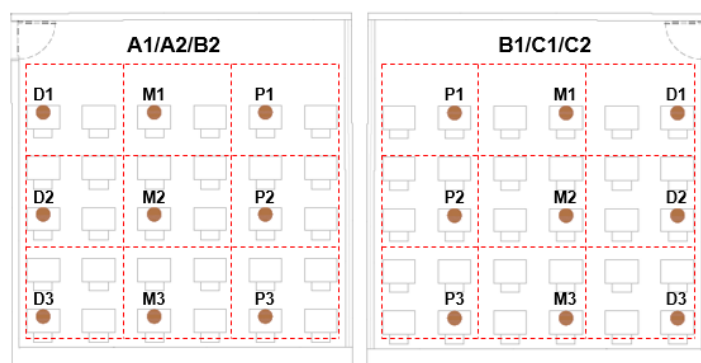
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Quirino (2018) utilizou 9 sensores apoiados nos planos de trabalho em cada sala para medir as iluminâncias nesses pontos e foram escolhidos 9 pontos

distribuídos ao longo do ambiente para corresponder a 9 alunos sentados em posições diferentes nas laterais e no centro da sala. Foram feitos cálculos nas salas nos dois horários medidos, de modo a simular o campo visual das crianças nos horários das medições (quando a sala precisava estar vazia), e também nos horários das aplicações dos questionários (quando não podiam ser feitas medições, já que estas só podem acontecer em ambientes vazios).

Para as análises dos contrastes deve-se considerar as posições dos alunos nas fileiras **D** (distante da janela), **M** (meio da sala), e **P** (próximo à janela), sendo o número **1** correspondente aos alunos mais próximos ao quadro, o número **2** aos alunos na linha central, e o número **3** aos alunos mais afastados do quadro. Dessa forma, as salas A1, A2 e B2 têm os alunos com a mesma numeração nas mesmas posições (janela do lado direito das carteiras viradas pra frente), e as salas B1, C1 e C2 têm as posições invertidas (janela do lado esquerdo das carteiras viradas pra frente).

Figura 33 - Localização dos alunos e sensores nas análises



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Também foram calculadas nas simulações as incidências de iluminância nos quadros e nas carteiras das salas em análise no horário das medições e das aplicações dos questionários para comparar com as respostas dos alunos sobre seus incômodos. Os gráficos e imagens referentes às simulações estáticas encontram-se no Apêndice B deste trabalho.

4.3.1. Escola A

As simulações estáticas da aplicação dos questionários foram feitas às 7h50 (A1Q) e 8h23 (A2Q), e as simulações das medições foram feitas às 10h42 (A1M) e às 11h42 (A2M), todas no dia 27 de agosto de 2018, sob condições de céu claro, de acordo com a tabela 9.

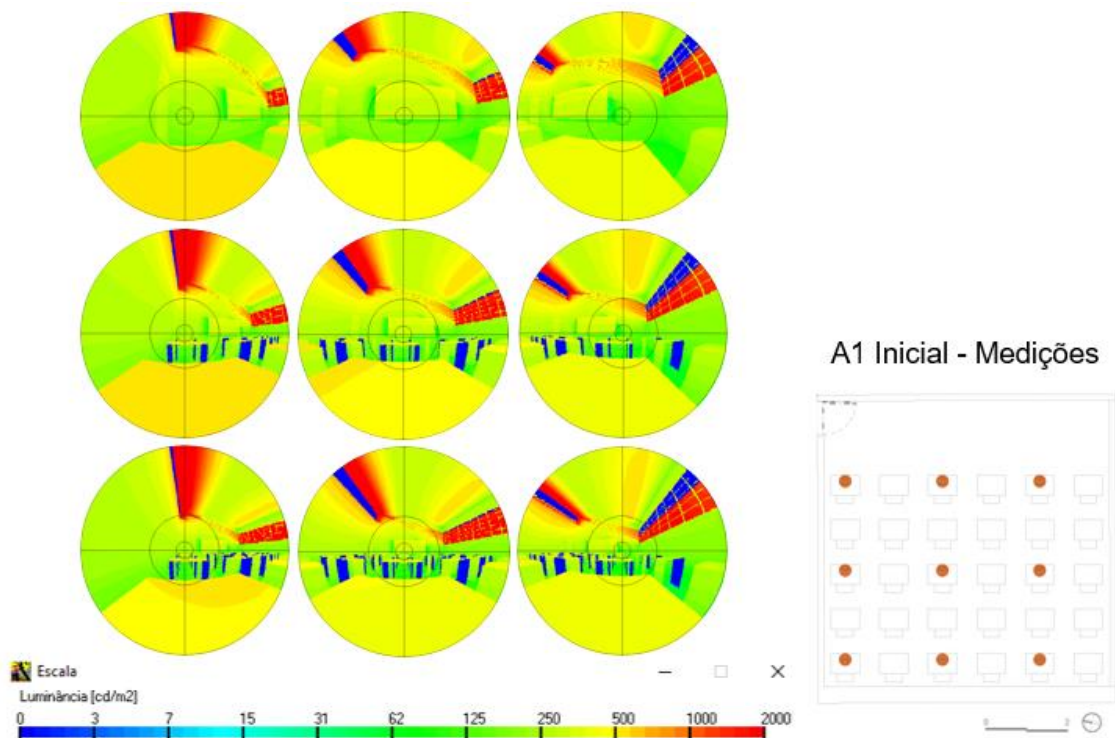
Os gráficos de limites, que estão nos apêndices deste trabalho, indicam cinco intervalos de iluminância nas salas em porcentagens (referentes às duas salas juntas) nos horários citados anteriormente. O modelo A1M-inicial (gráfico 1) mostra limites de iluminância no plano de análise (a 0,75m do piso), no qual se percebe que, nesse horário, quase 80% das salas tem um limite entre 600 e 2000 lux, e cerca de 20% das salas tem um limite igual ou superior a 2000 lux. A área da sala que ultrapassa os 2000 lux corresponde à parte oposta à janela, onde fica a abertura superior nas salas.

A figura 34 mostra os gráficos de campo visual de 9 alunos da sala A1M-inicial, (dispostos de acordo com o esquema em planta ao lado dos gráficos) de frente para o quadro.

Percebe-se que os planos de trabalho (carteiras) com maior luminância são os dos alunos mais afastados da janela, e conseqüentemente, próximos à abertura superior. De acordo com a tabela 11, o maior contraste corresponde à posição D2, na relação entre ergo x pan, igual a -0,36, que por ser um valor negativo indica que a luminância média no pan é maior que no ergo. E o menor contraste, sendo este igual a zero, está na posição M3 na relação foco x ergo.

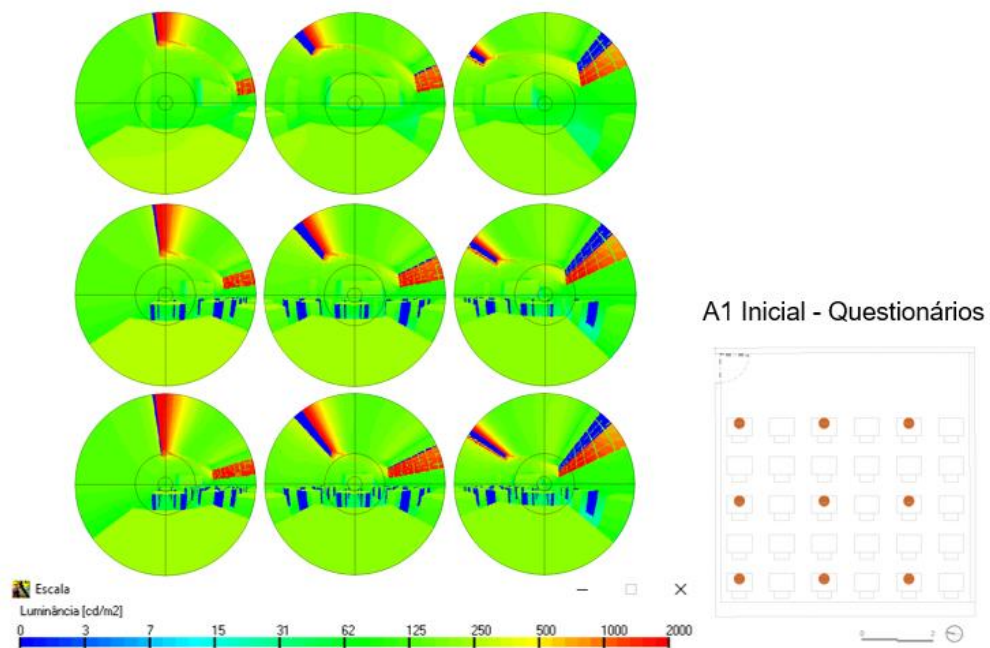
Nas simulações A1Q-inicial, os limites de iluminância estavam mais baixos (gráfico 2), com intervalos entre 300 e 2000 lux. Os gráficos de campo da figura 35, da sala A1Q-inicial, também indicam luminâncias mais baixas, tendo os contrastes máximos na relação foco x ergo, nas posições P2 e P3, de -0,36, e valor nulo na relação ergo x pan na posição P3, mostrando nesse caso, que as posições próximas à janela e mais afastadas do quadro possuíam maior contraste com luminância média maior no ergorama.

Figura 34 - Gráficos de campo A1M-inicial



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 35 - Gráficos de campo A1Q-inicial



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

As simulações A2M-inicial (gráfico 3) também mostram valores de iluminância acima de 2000 lux que estão próximos à abertura superior lateral, e, no restante da sala, entre 600 e 2000 lux. Os gráficos de campo nesse horário, da sala A2M (figura 36) têm contrastes máximos no D2 (ergo x pan) e no P2 (foco x ergo) de -0,32, e nulo no foco x ergo na posição M3, sendo na posição D2, a luminância média maior no panorama, e na posição P2, a luminância média mais alta no ergorama.

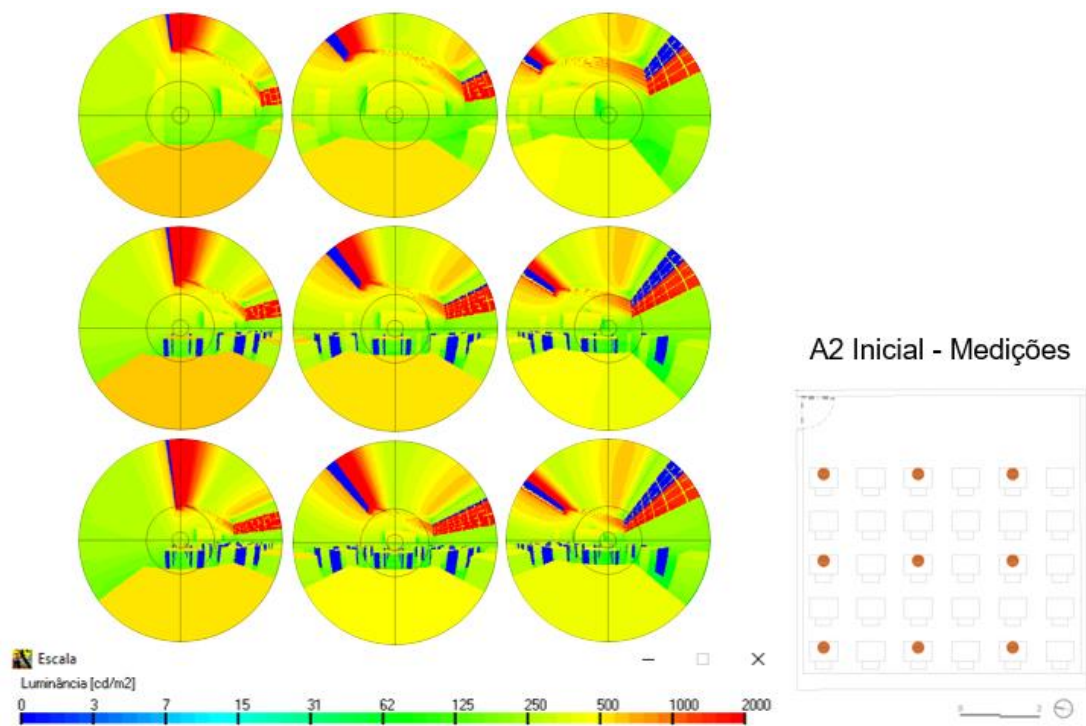
O gráfico de limites A2Q-inicial (gráfico 4) mostra um intervalo de quase 94% entre 600 e 2000 lux no horário de aplicação dos questionários, e a figura 37 confirma esses valores mais baixos de iluminância na sala A2Q-inicial, com luminâncias mais baixas percebidas nos campos visuais dos alunos, entretanto, o campo visual da localização P2 possuiu o maior contraste entre todos os gráficos de campo da escola A-inicial, de -0,4 (foco x ergo), indicando maior luminância média no ergo.

A partir da figura 38 começam os gráficos e análises da escola A-atual. O gráfico de limites A1M-atual (gráfico 5) indica que as extremidades da sala têm iluminância entre 300 e 600 lux, e a parte central de 600 a 2000 lux.

Os contrastes mais altos nos gráficos de campo (figura 38) da sala A1M-atual foram nas posições D1 (ergo x pan) e P2 (foco x ergo), de -0,28, indicando, respectivamente, maior luminância média no panorama e no ergorama, e o menor, de valor 0, foi na posição M3 (foco x ergo). A relação entre os alunos e os quadros também vai ser mais aprofundada nas análises relacionando às respostas dos questionários, e na situação A1M-atual, a iluminância média no quadro era de 546,7 lux (gráfico 6).

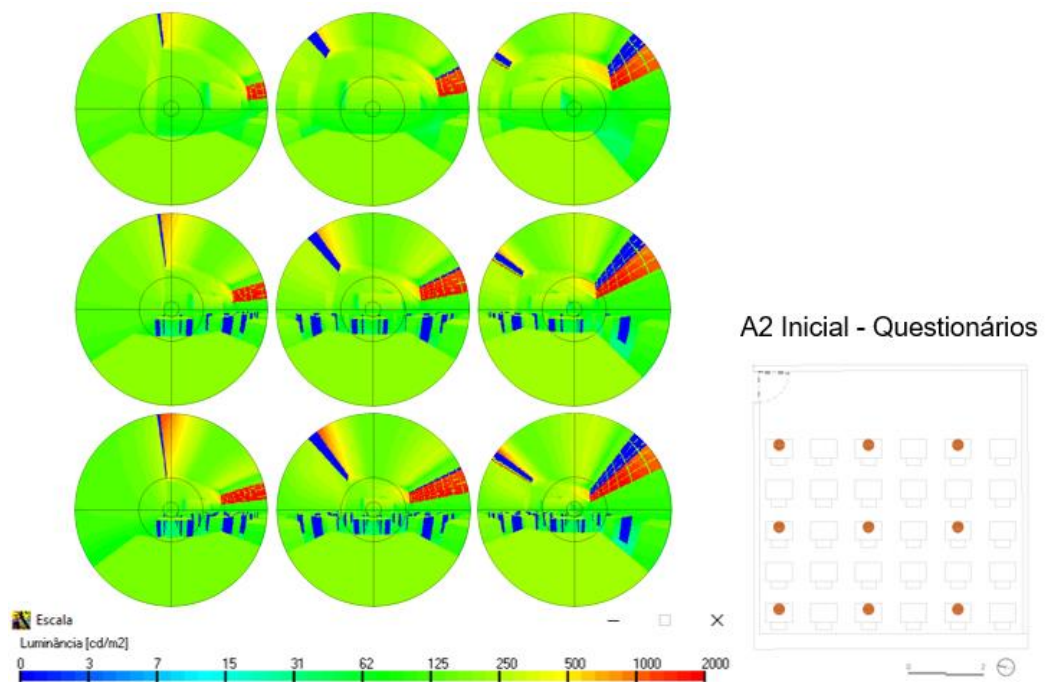
O gráfico de limites da simulação A1Q-atual (gráfico 7) começa a mostrar valores de iluminância bem baixos se comparados aos anteriores, alcançando quase 38% de intervalo entre 150 e 300 lux, considerando que no modelo da situação atual, devido à configuração das salas, a incidência lumínica no interior é menor e também pelo horário da aplicação dos questionários.

Figura 36 - Gráficos de campo A2M-inicial



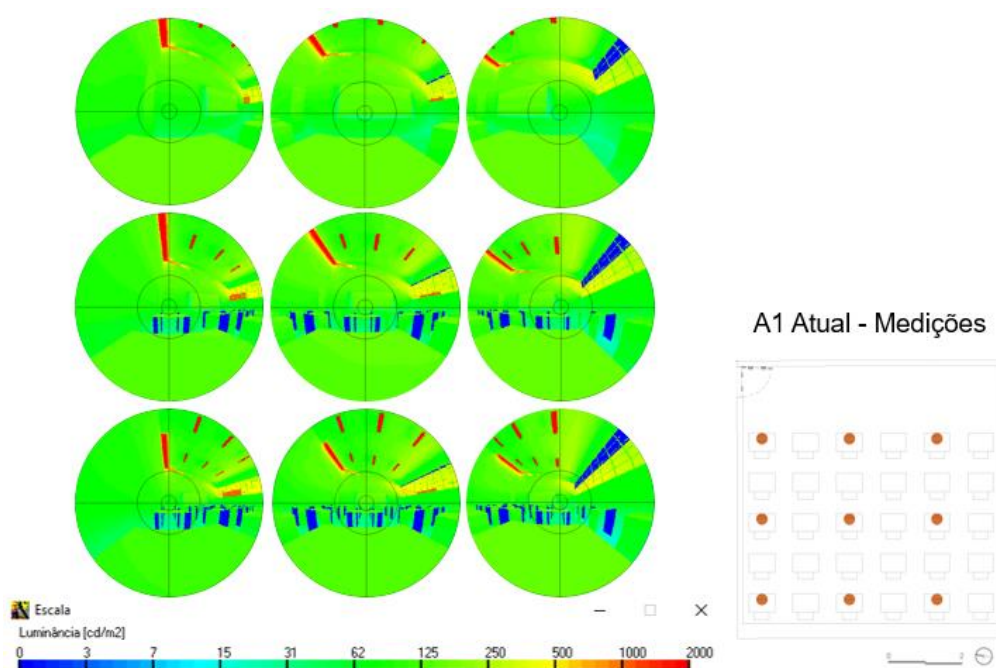
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 37 - Gráficos de campo A2Q-inicial



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 38 - Gráficos de campo A1M-atual



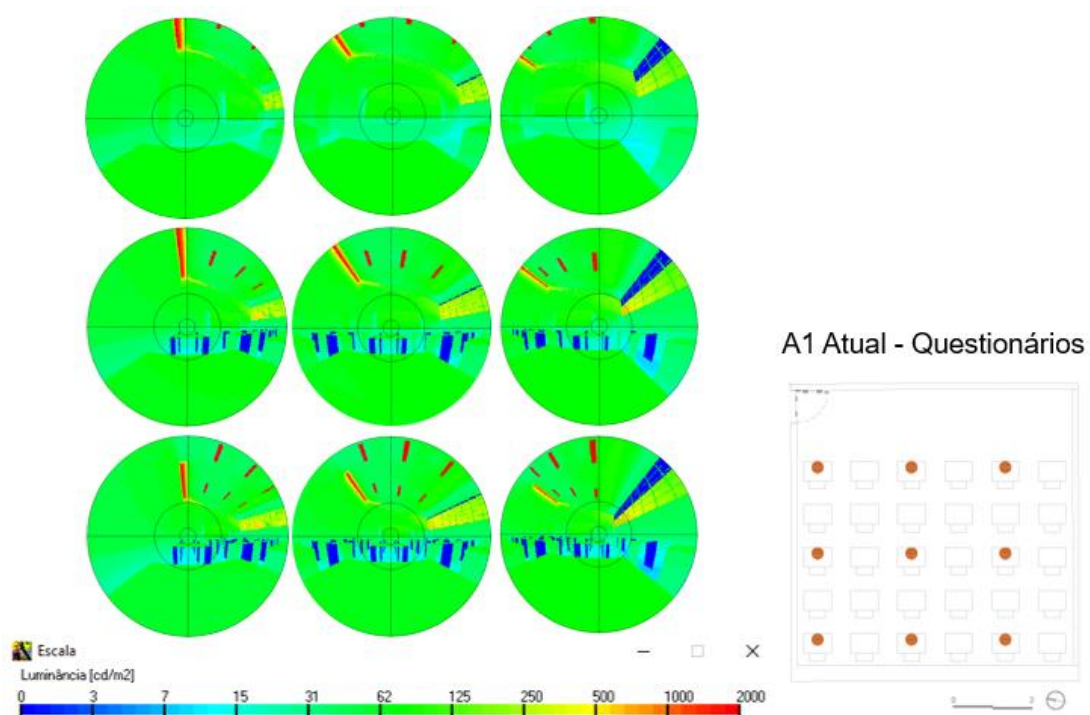
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

O gráfico da figura 39 da sala A1Q-atual teve o maior contraste na posição P2 (foco x ergo), de -0,25, indicando maior luminância média no ergorama, e contraste zero na posição M1 (foco x ergo), e a média da iluminância no quadro foi de 333 lux (gráfico 8), valor próximo ao estabelecido pela NBR 8995-1.

O gráfico de limites A2M-atual (gráfico 9), mostra que o intervalo de 600 a 2000 lux correspondia a cerca de 73% das salas, enquanto o intervalo entre 200 e 600 lux ficava em torno de 26%. Os gráficos de campo A2M-atual, da figura 40, têm como valor máximo de contraste -0,31 (exgo x pan) nas posições D1 e D2, e menor valor 0 na posição M3 (foco x ergo). A iluminância média do quadro nesse horário foi de 519,5 lux (gráfico 10).

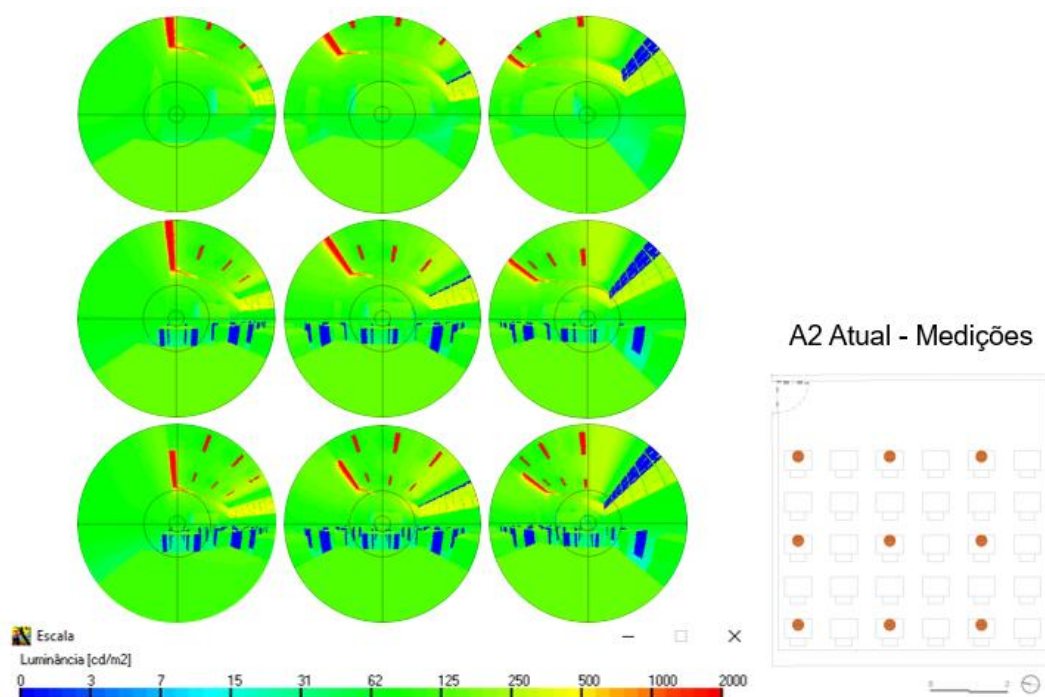
No gráfico de limites A2Q-atual (gráfico 11), 76% da sala tinha o intervalo de 300 a 600 lux, e 23% estava no intervalo de 150 a 300 lux. Nessa situação, os gráficos de campo (figura 41) mostram valores de contraste mínimos nas posições M1 (foco x ergo) e P2 (ergo x pan), e valor máximo de contraste também na posição P2 de -0,29 (foco x ergo). Nesse horário, o quadro tinha iluminância média de 309,1 lux (gráfico 12).

Figura 39 - Gráficos de campo A1Q-atual



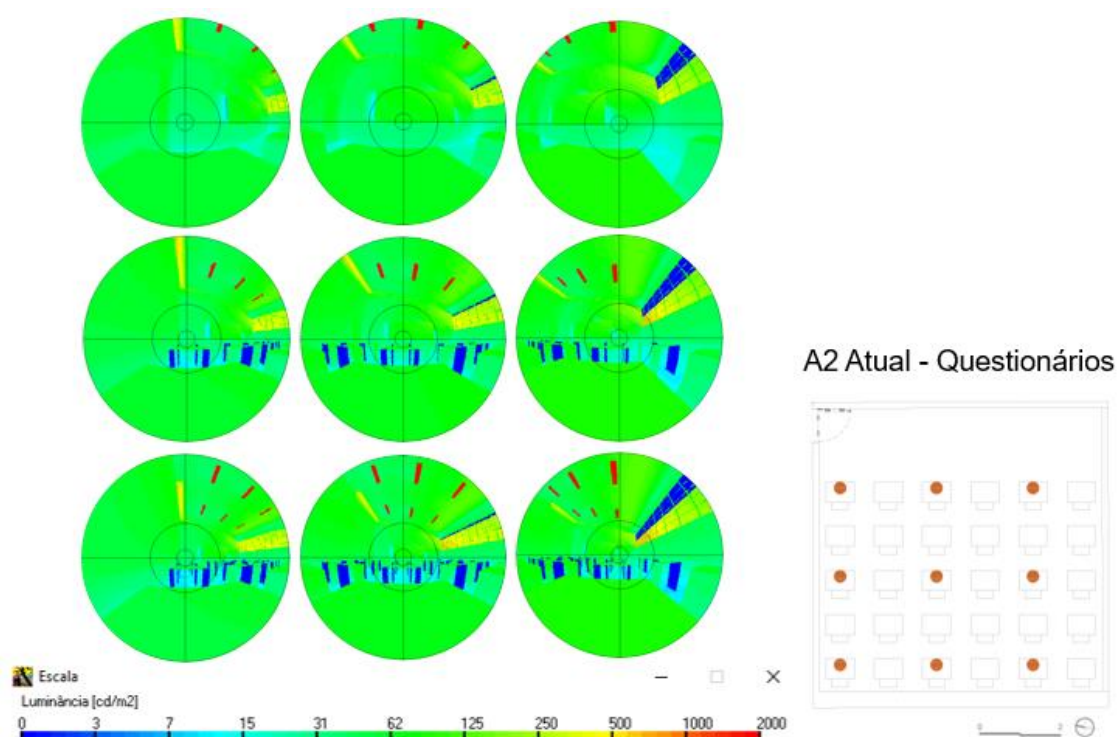
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 40 - Gráficos de campo A2M-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 41 - Gráficos de campo A2Q-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Na escola A, tanto no modelo de situação inicial quanto no atual, os horários das medições fizeram com que a incidência de iluminância fosse mais alta que nos horários das aplicações dos questionários, o que fica nítido nos gráficos, com valores mais baixos no momento dos questionários e valores mais elevados no momento das medições.

As posições nos gráficos de campo com maior valor de contraste no modelo da situação inicial foram D2, P2 e P3, sendo a posição P2 mais recorrente, e os valores mínimos foram nas posições M3 e P3, sendo a posição M3 mais recorrente. No modelo da situação atual, os maiores valores de contraste foram nas posições D1, D2 e P2, tendo maior frequência nas posições D1 e P2, e os menores valores foram nas posições M1, P2 e M3, tendo maior recorrência nas posições M1 e M3.

Em ambas as salas, a maioria dos alunos que sentiu algum tipo de desconforto e respondeu às perguntas do questionário se localizava nas três primeiras fileiras em relação à proximidade com o quadro.

Altos valores de contraste entre os campos visuais podem configurar um maior desconforto, e a partir dos valores indicados, percebe-se que o posicionamento no meio da sala traz níveis de contraste mais baixos que o posicionamento próximo à janela ou afastado da janela, no caso da escola A.

4.3.2. Escola B

As simulações estáticas da aplicação dos questionários foram feitas às 14h39 (B1Q) e 13h57 (B2Q), no dia 21 de agosto de 2018, e as simulações das medições foram feitas às 12h58 (B1M) e às 12h46 (B2M), no dia 23 de agosto de 2018, sob condições de céu claro com algumas nuvens.

O gráfico de limites B1M-inicial (gráfico 13), indica que 77% da área das salas estavam com iluminância igual ou superior a 2000 lux, e cerca de 21% entre 600 e 2000 lux. O gráfico de campos B1M-inicial (figura 42) tem máximo contraste na posição M2, de -0,33 (ergo x pan), e mínimo contraste na posição M3, de valor 0 (foco x ergo).

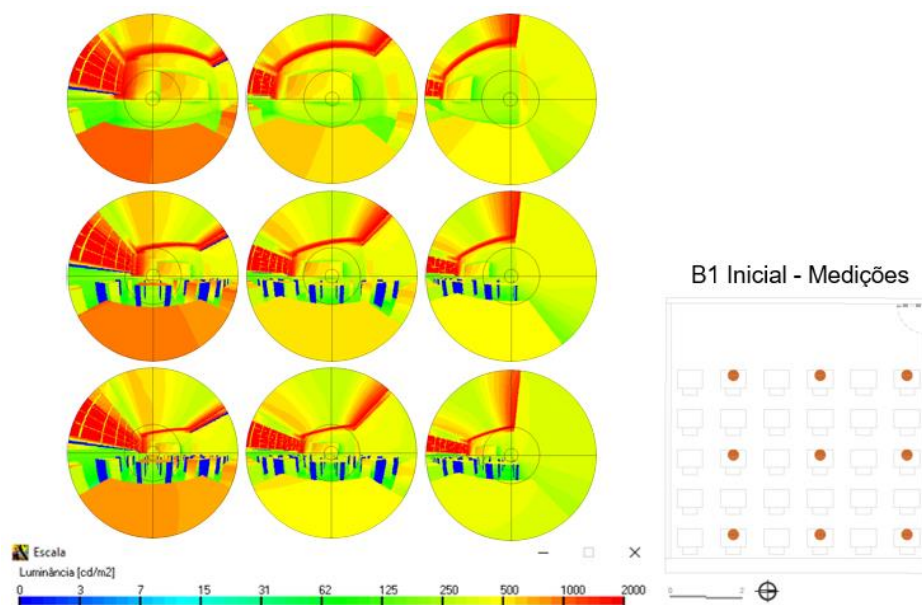
O gráfico de limites B1Q-inicial (gráfico 14), também apresenta valores de limites altos, sendo igual ou superior a 2000 em quase 75% das salas, e de 600 a 2000 em quase 24%. Já o gráfico de campos da figura 43, mostra os campos visuais na situação B1Q-inicial, que possui valor máximo na posição M2, de -0,29 (ergo x pan), e valor mínimo de 0 nas posições P2 (ergo x pan), D3 (foco x ergo) e M3 (foco x ergo).

Para o gráfico 15 B2M-inicial, quase 78% das salas estava com iluminância igual ou maior que 2000 lux, e o intervalo de 600 a 2000 lux correspondia a 20% da área. Na figura 44, os gráficos de campo B2M-inicial têm valor de contraste máximo na posição P2 (foco x ergo) de -0,33, e contraste mínimo na posição M3 (foco x ergo) de valor 0.

Na situação B2Q-inicial (gráfico 16), os valores mais altos também foram no intervalo igual ou maior que 2000, contabilizando 77%, enquanto entre 600 e 2000 lux, atingiu o valor de quase 21%. Na figura 45, os gráficos de campo B2Q-inicial têm dois valores máximos de contraste nas posições D2 (ergo x pan) e M2

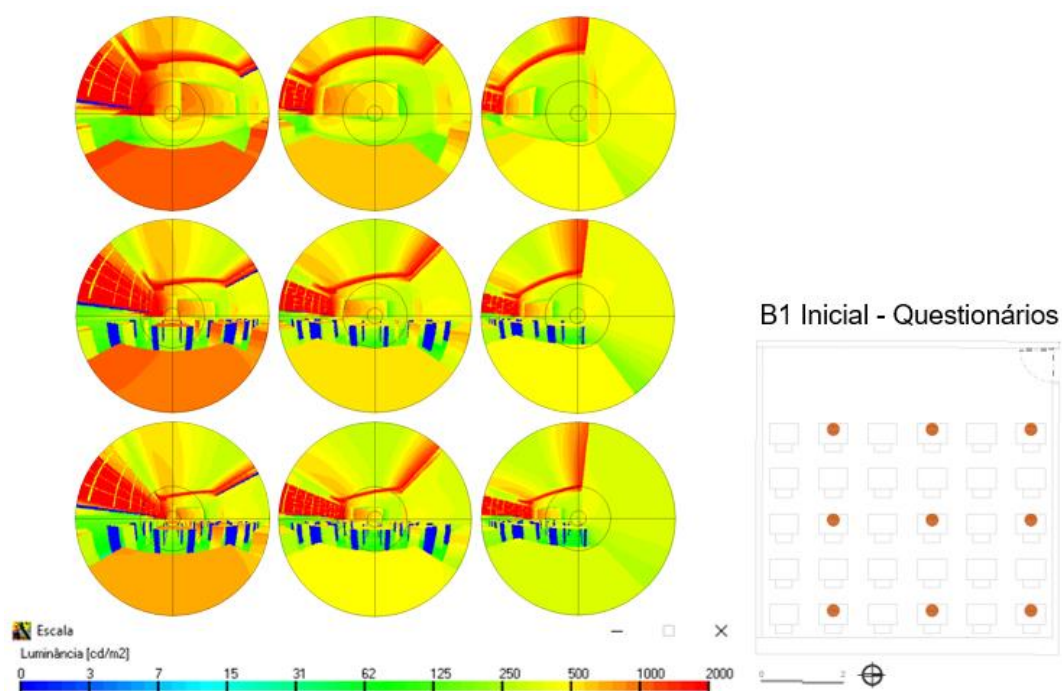
(ergo x pan) de -0,32, e, mais uma vez, valor mínimo de 0 na posição M3 (foco x ergo).

Figura 42 - Gráficos de campo B1M-inicial



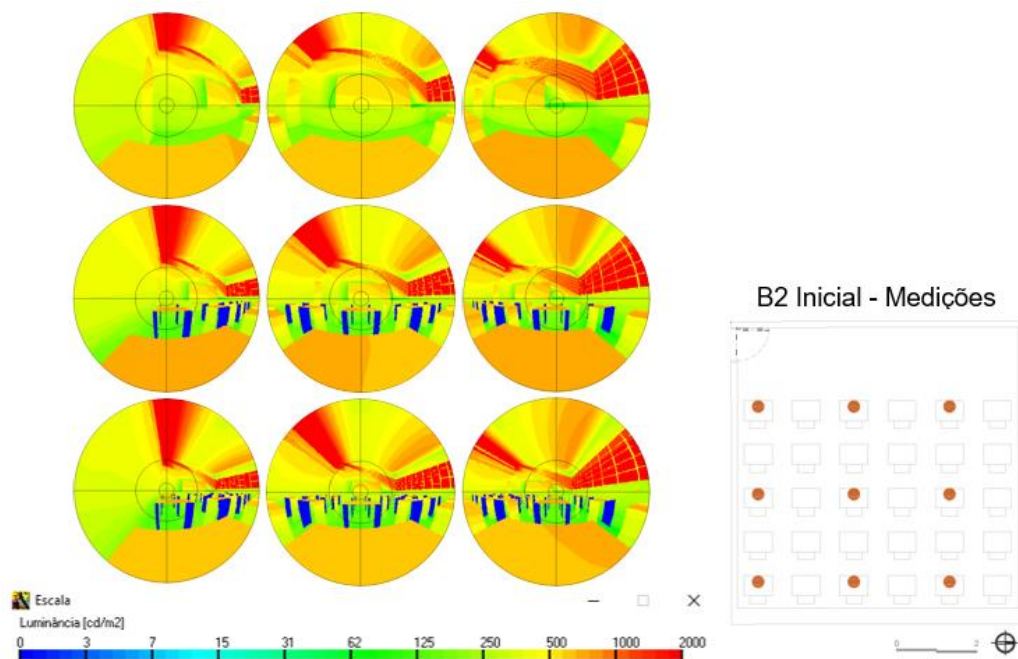
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 43 - Gráficos de campo B1Q-inicial



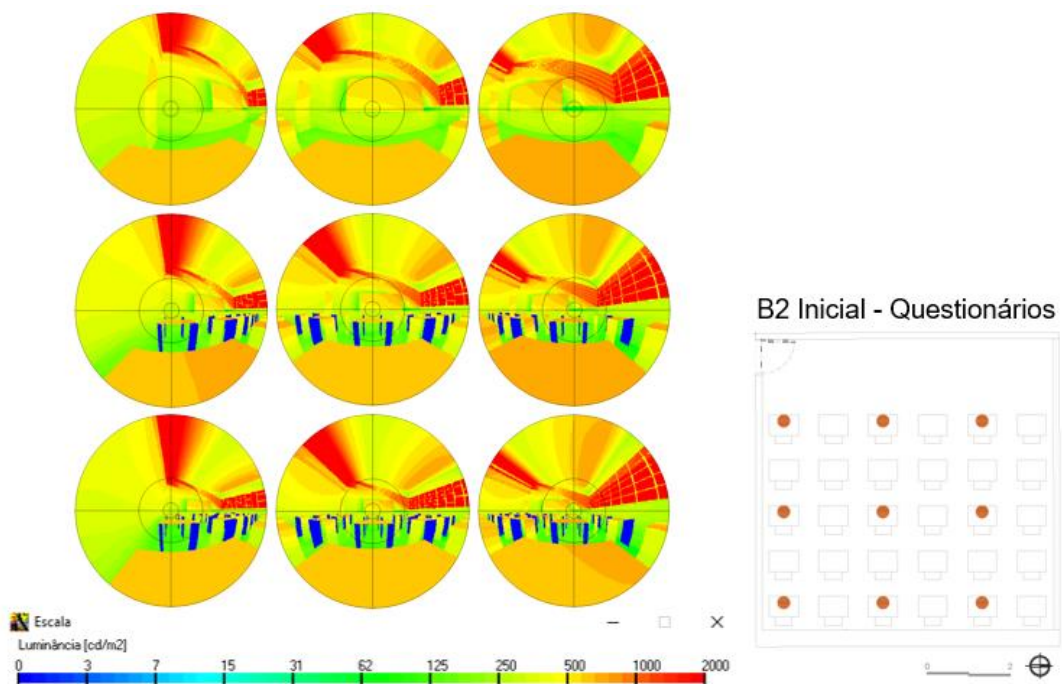
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 44 - Gráficos de campo B2M-inicial



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 45 - Gráficos de campo B2Q-inicial

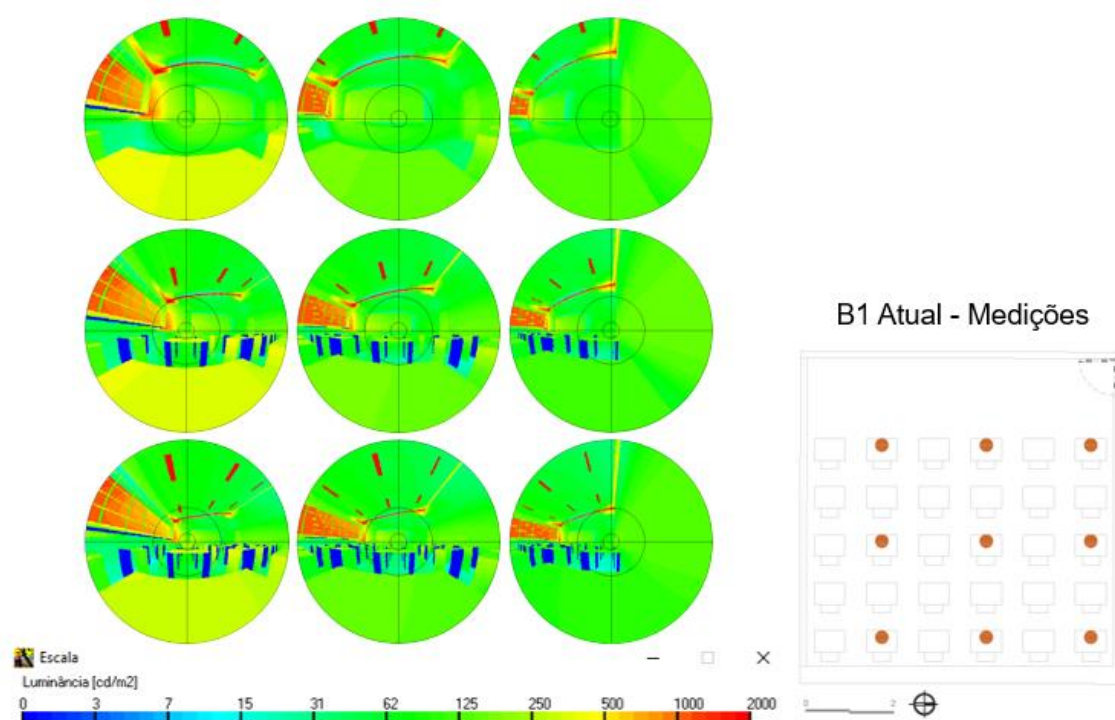


Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Na situação B1M-atual (gráfico 17), os valores dos limites foram de cerca de 14% entre 150 e 300 lux, cerca de 50% entre 300 e 600 lux, e cerca de 35% entre 600 e 2000 lux. Os gráficos de campo da figura 46, correspondente à situação B1M-atual, mostram valor máximo de contraste de -0,28 na posição M2 (ergo x pan), e valor mínimo de 0 na posição P3 (foco x ergo). A iluminância média no quadro na situação B1M-atual foi de 682,20 lux (gráfico 18).

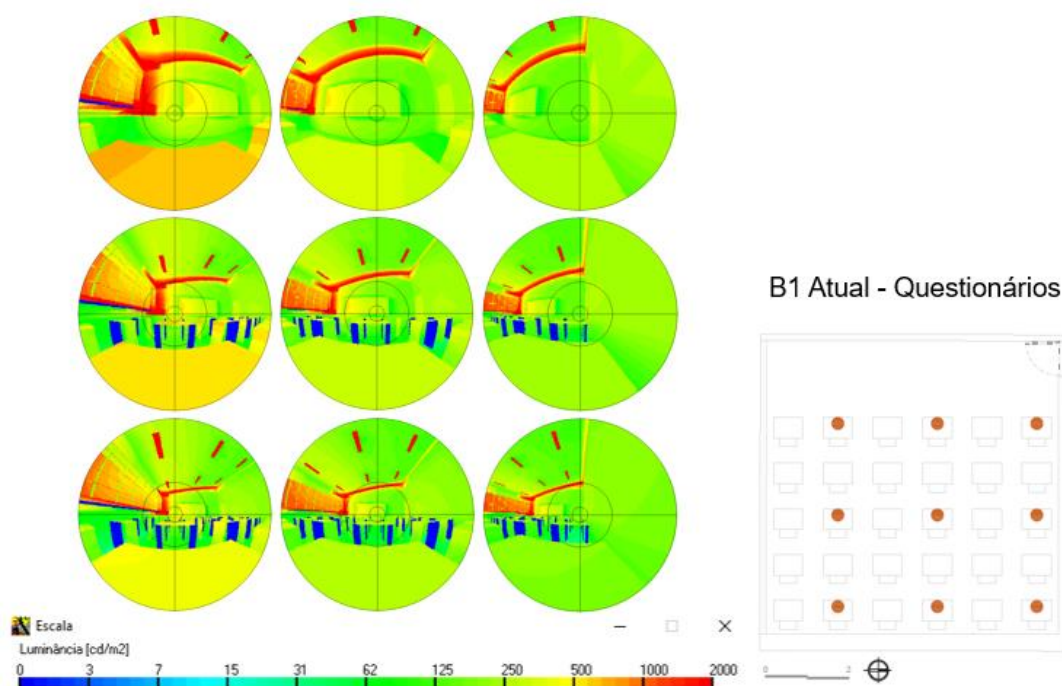
Os limites de B1Q-atual (gráfico 19) se dividiram entre cerca de 18% no intervalo de 300 a 600 lux, e de cerca de 72% no intervalo de 600 a 2000 lux. Os gráficos de campo da figura 47, correspondente à situação B1Q-atual, mostram valores máximos de contraste de -0,25 em quatro posições: M1 (ergo x pan), P1 (foco x ergo), M2 (ergo x pan) e P2 (foco x ergo), e um valor mínimo de 0,02 na posição D2 (foco x ergo). A iluminância média no quadro na situação B1Q-atual foi de 1431,95 lux (gráfico 20).

Figura 46 - Gráficos de campo B1M-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 47 - Gráficos de campo B1Q-atual

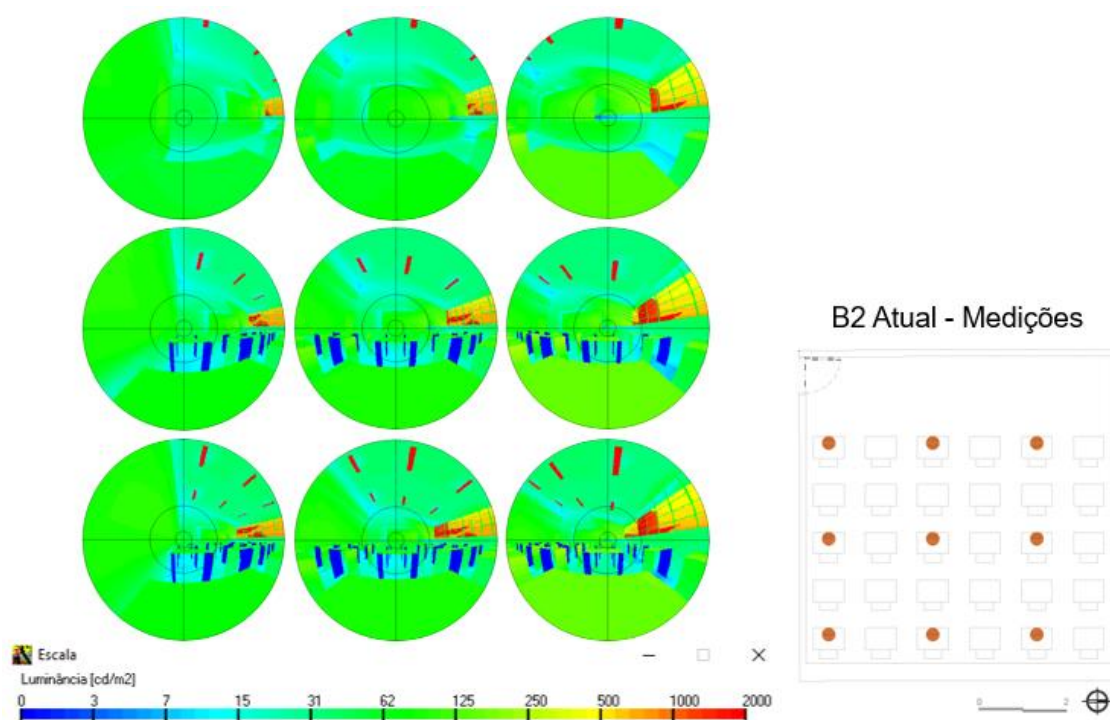


Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

O gráfico de limites B2M-atual (gráfico 21) também mostrou valores divididos entre três intervalos: cerca de 15% entre 150 e 300 lux, cerca de 50% entre 300 e 600 lux e cerca de 33% entre 600 e 2000 lux. Os gráficos de campo da figura 48, mostram valores de contraste máximo da situação B2M-atual de -0,42 na posição M3 (ergo x pan) e valor mínimo de 0,01 na posição D2 (foco x ergo). O quadro da sala B2M-atual teve iluminância média de 380,29 lux (gráfico 22).

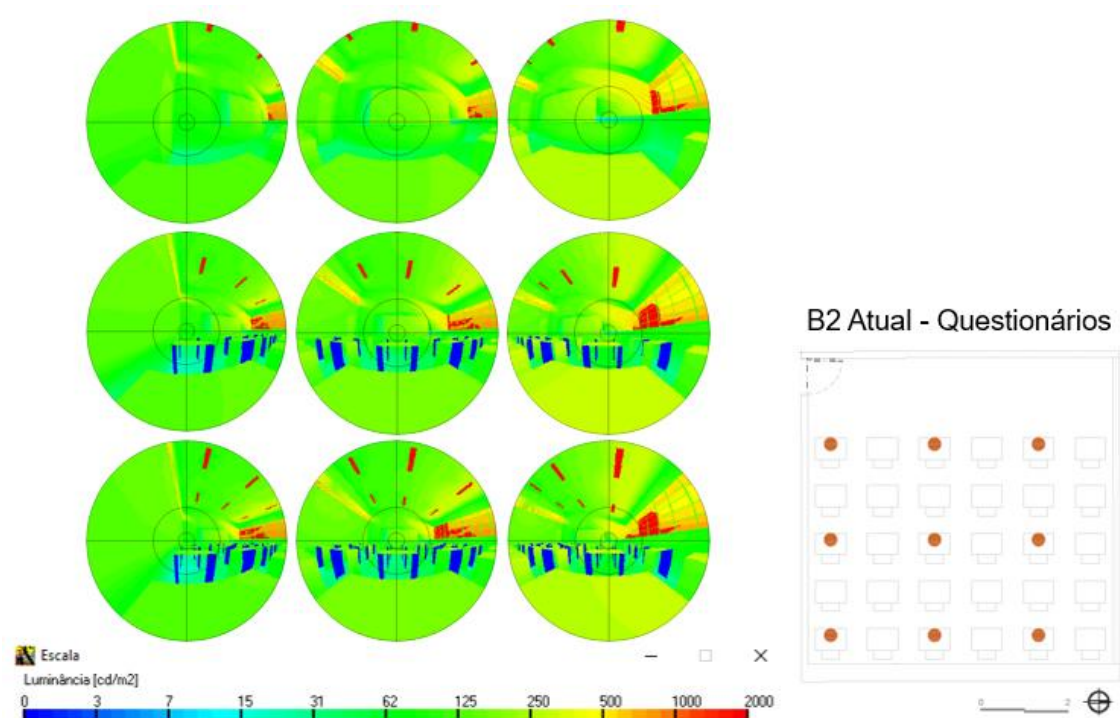
O gráfico de limites da sala B2Q-atual (gráfico 23) tem valores mais altos no intervalo entre 600 a 2000 lux, de cerca de 75%, cerca de 16% entre 300 e 600 lux, e igual ou acima de 2000 lux um valor de quase 9%. Na figura 49, os gráficos de campo mostram valor máximo da situação B2Q-atual de -0,31 na posição P1 (foco x ergo) e valor mínimo de 0,02 na posição M1 (foco x ergo). A iluminância média do quadro da sala B2Q-atual foi de 761,62 lux (gráfico 24).

Figura 48 - Gráficos de campo B2M-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 49 – Gráficos de campo B2Q-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Na escola B-inicial, os gráficos de limites mostram incidências de iluminâncias acima de 2000 em sua maioria na sala B2, e a sala B1 com incidências entre 600 e superiores a 2000. Já na escola B-atual, os valores de iluminância foram mais baixos, sendo que nos horários dos questionários, a sala B1, na área próxima à janela, possuía valores acima de 2000 lux.

De acordo com as simulações, cerca de 58,33% dos valores máximos de contraste no campo visual foram nas posições do meio da sala, e 33,33% dos valores máximos foram nas posições próximas à janela. A situação da escola com maior contraste foi B1Q-atual (4 posições), e, pela figura síntese, percebe-se que 88,8% dos alunos que responderam ao questionário sentiram algum tipo de desconforto, enquanto na B2Q, 61,1% sentiu algum desconforto, e houve apenas uma posição com contraste máximo.

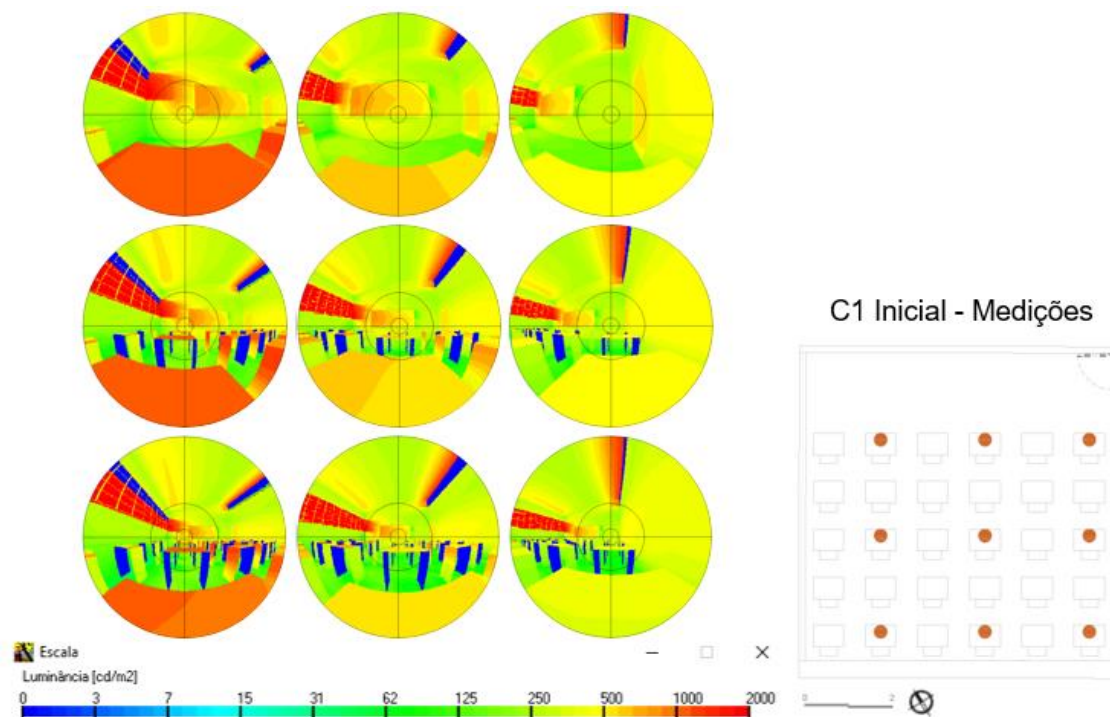
4.3.3. Escola C

As simulações estáticas da aplicação dos questionários foram feitas às 09h01 (C1Q) e 10h48 (C2Q), no dia 04 de setembro de 2018, e as simulações das medições foram feitas às 14h37, nos dias 04 de setembro de 2018 (C1M) e 03 de setembro de 2018 (C2M), sob condições de céu nublado.

O gráfico de limites C1M-inicial (gráfico 25), traz valores de cerca de 53% de iluminância entre 600 e 2000 lux, e cerca de 46% igual ou acima de 2000 lux, sendo os valores mais altos nas áreas próximas às janelas. Nos gráficos de campo da figura 50, da situação C1M-inicial, houveram três posições com valores máximos de contraste, que foram P1 (ergo x pan), M2 (ergo x pan) e M3 (ergo x pan), de -0,35 e o valor mínimo foi na posição D2 (foco x ergo), de -0,01.

O gráfico de limites C1Q-inicial (gráfico 26) tem valores mais altos no intervalo de 600 a 2000 lux, de cerca de 69%, e igual ou superior a 2000 lux de cerca de 30%, e os valores mais altos também se encontram próximos às janelas. Na figura 51, os gráficos de campo tiveram valor de contraste máximo na posição P1 (ergo x pan), de -0,4. e valor mínimo de -0,02 em três posições: D1 (foco x ergo), M1 (foco x ergo) e D2 (foco x ergo).

Figura 50 - Gráficos de campo C1M-inicial

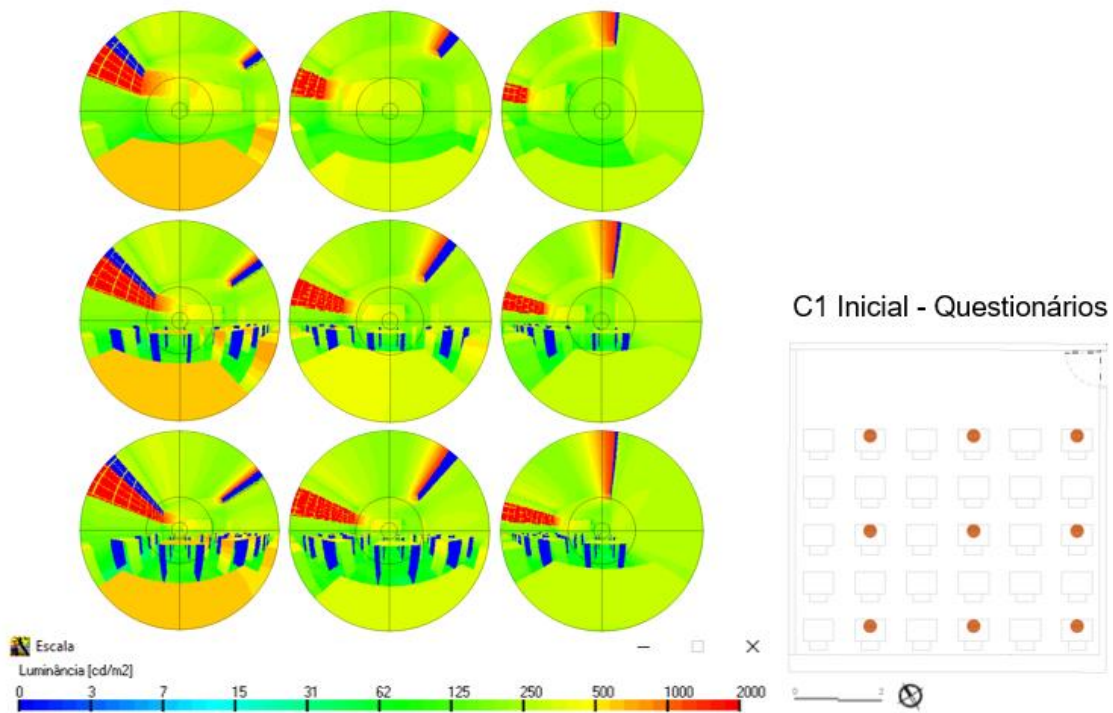


Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Os gráficos de limites C2M-inicial (gráfico 27) também têm valores altos de iluminância nas proximidades das janelas, sendo 53% no intervalo de 600 a 2000, e 46% com valor igual ou maior que 2000 lux. A figura 52, dos gráficos de campo da situação C2M-inicial, teve valor máximo de contraste na posição P2, de -0,43m e valores mínimos de 0,01 nas posições P1 (foco x ergo) e P3 (foco x ergo).

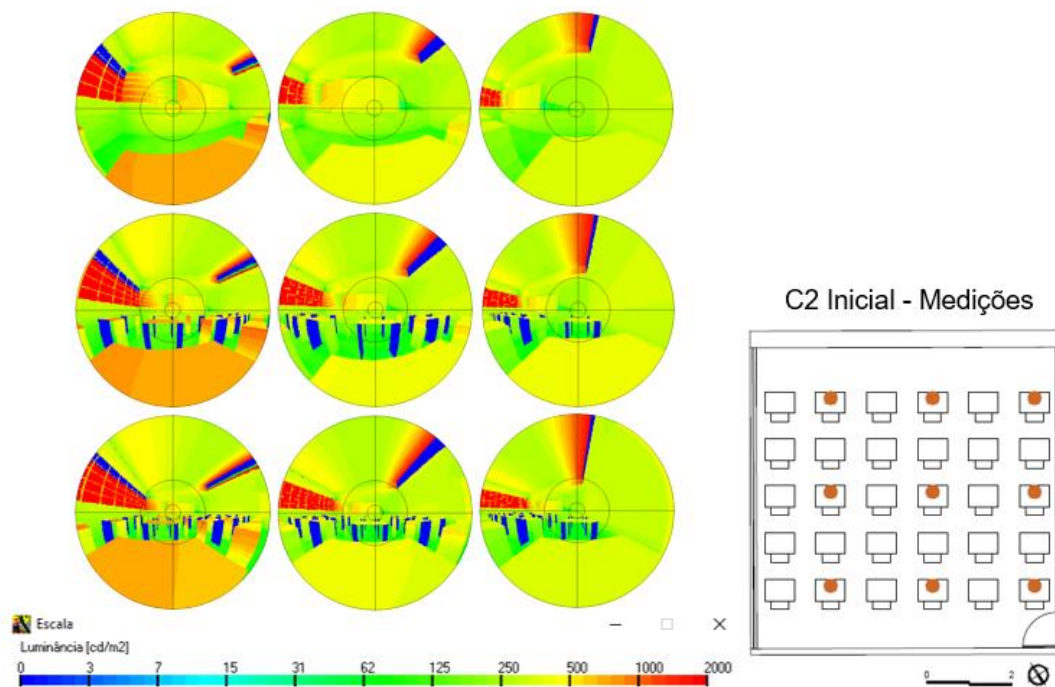
O gráfico de limites C2Q-inicial (gráfico 28), semelhante aos anteriores, tem valores entre 600 a 2000 lux de cerca de 53% e acima de 2000 de cerca de 46%. Na figura 53, o gráfico de campos apresenta valor máximo de contraste de -0,39 na posição P2 (ergo x pan) e valores mínimos de -0,02 nas posições D1 e P1 (foco x ergo).

Figura 51 - Gráficos de campo C1Q-inicial



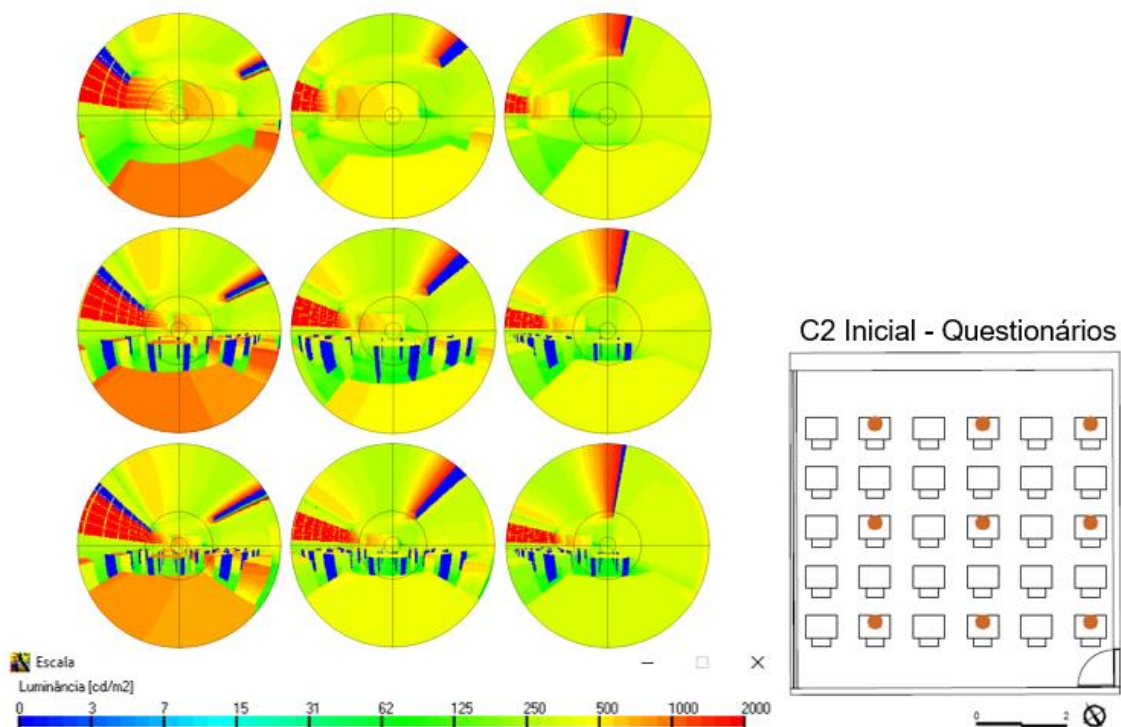
Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 52 - Gráficos de campo C2M-inicial



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 53 - Gráficos de campo C2Q-inicial

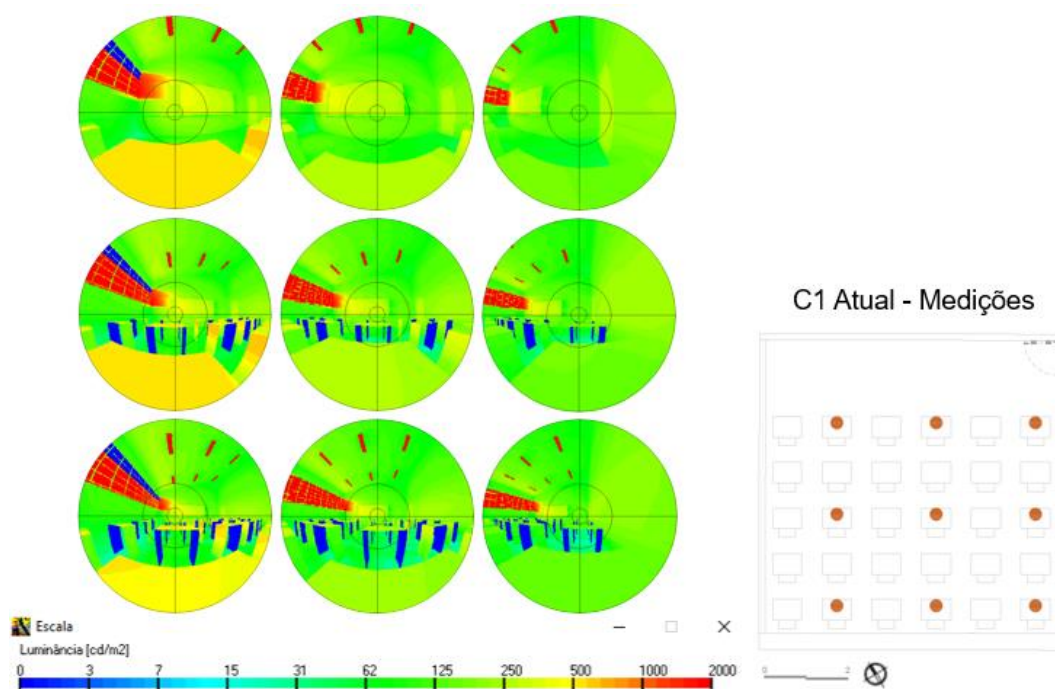


Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

O gráfico de limite C1M-atual (gráfico 29) tem maiores variações de iluminância em três intervalos: de cerca de 10% entre 300 e 600 lux, de cerca de 73% entre 600 e 2000 lux, e cerca de 8% igual ou acima de 2000 lux. Os gráficos de campo da situação C1M-atual (figura 54), mostram valor máximo de contraste na posição P1 (ergo x pan) de -0,22 e valor mínimo de 0 na posição D2 (foco x ergo). A iluminância média do quadro C1M-atual é de 1267,68 lux (gráfico 30).

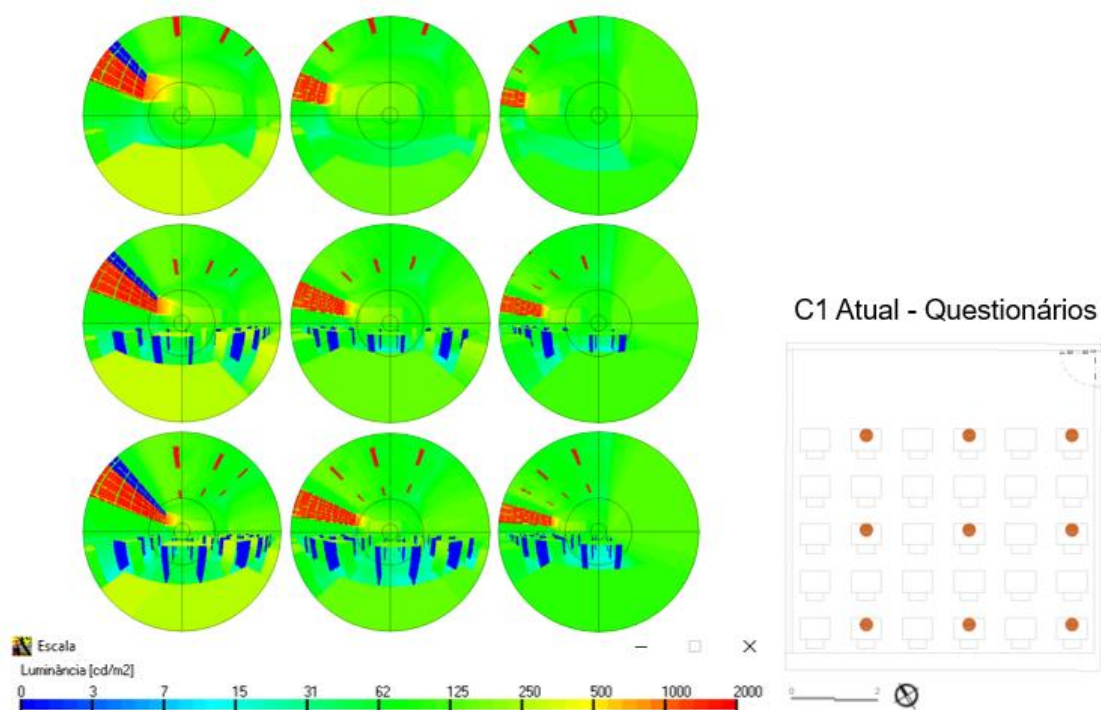
O gráfico de limites C1Q-atual (gráfico 31) indica que cerca de 32% da área possuía iluminância entre 300 e 600 lux, e cerca de 66% da área estava entre 600 e 2000 lux. Na figura 55, nos gráficos de campo C1Q-atual, o valor máximo de contraste também é na posição P1 (ergo x pan) de -0,26, e os valores mínimos são na posição D1 (foco x ergo) e D2 (foco x ergo), de -0,02. A iluminância média do quadro C1Q-atual foi de 771 lux (gráfico 32).

Figura 54 - Gráficos de campo C1M-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 55 - Gráficos de campo C1Q-atual

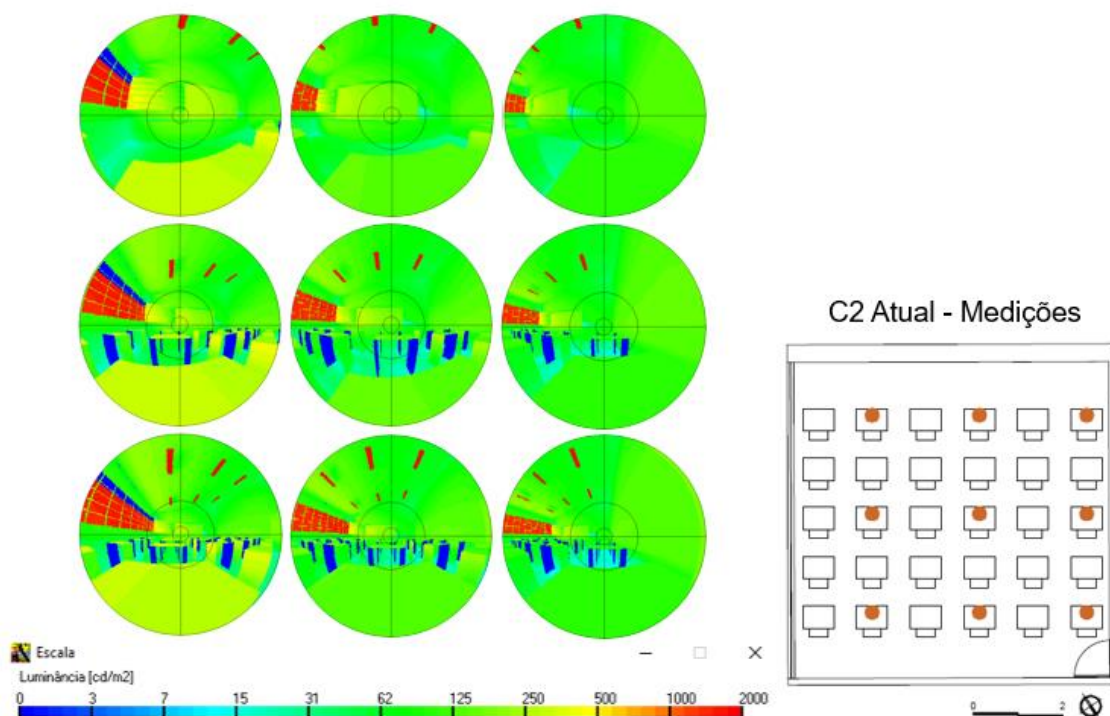


Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Os intervalos do gráfico de limites C2M-atual (gráfico 33) tiveram valores de cerca de 18% no intervalo entre 300 e 600 lux, cerca de 73% no intervalo entre 600 e 2000 lux, e cerca de 8% no intervalo igual ou acima de 2000 lux. A situação C2M-atual, representada pelos gráficos de campo da figura 56, mostra valor máximo de contraste de -0,27 na posição M3 (ergo x pan), e valores mínimos de contraste de -0,02 nas posições D1 (foco x ergo), M1 (ergo x pan) e P1 (foco x ergo). Na situação C2M-atual, o quadro tinha iluminância média de 812,77 lux (gráfico 34).

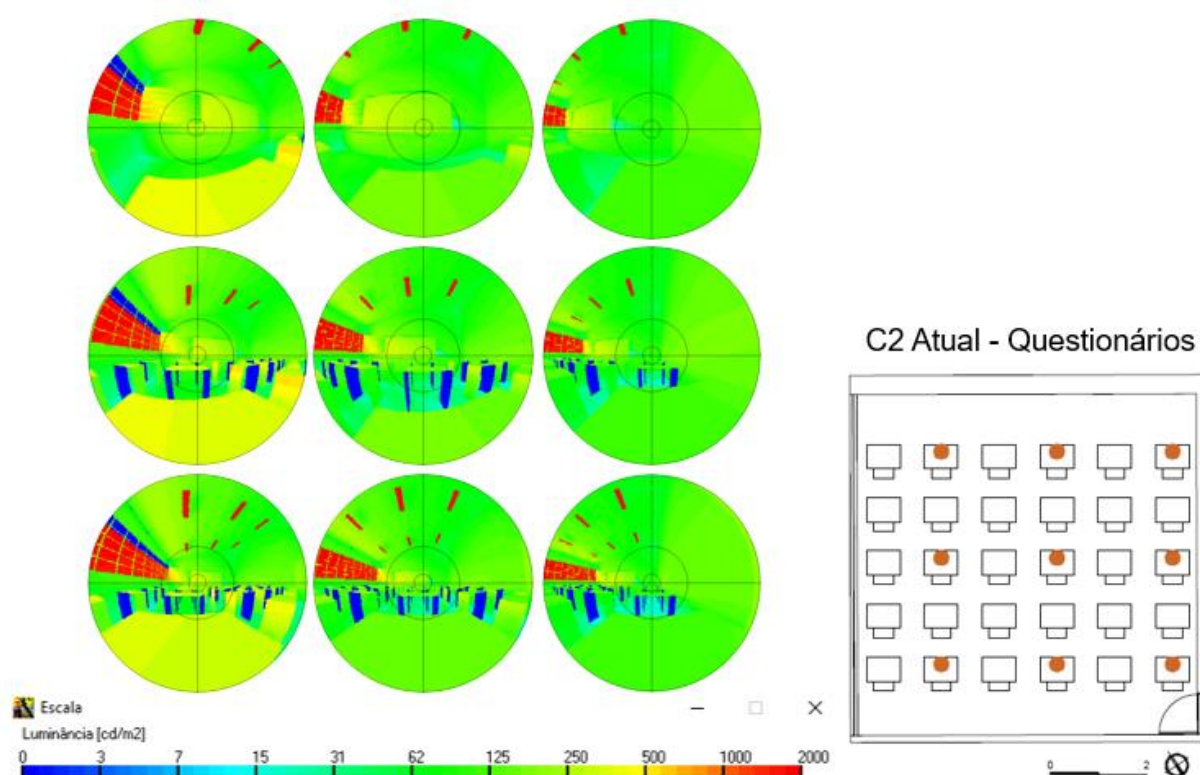
O gráfico de limites C2Q-atual (gráfico 35) apresenta valores de cerca de 16% no intervalo entre 300 e 600 lux, cerca de 78% no intervalo entre 600 e 2000 lux e cerca de 5% no intervalo igual ou acima de 2000 lux. A figura 57 mostra os gráficos de campo da situação C2Q-atual, que tem valores máximos de contraste de -0,24 nas posições M3 (ergo x pan) e P3 (ergo x pan), e valor mínimo de 0 na posição M1 (ergo x pan). O quadro na situação C2Q-atual possuía iluminância média de 978,36 lux (gráfico 36).

Figura 56 - Gráficos de campo C2M-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Figura 57 - Gráficos de campo C2Q-atual



Fonte: Elaborado pela autora (2021) no APOLUX IV.

Os gráficos de limites da escola C-inicial mostram um comportamento similar entre as duas salas, com relação à incidência da luz natural, tendo quase metade da área da sala uma iluminância acima de 2000 lux.

Já os gráficos de limites da escola C-atual mostram que as áreas com maior incidência de iluminância foram as próximas às janelas, sendo que nos horários antes do meio dia, a sala C2 era mais afetada com iluminâncias acima de 2000 lux, e após o meio dia, essa característica era pertencente à sala C1, devido às suas orientações.

Nos gráficos de campo da Escola C, a maior ocorrência de valores de contraste máximos foi percebida na situação C1M-inicial e na situação C2Q-atual. As posições com maior quantidade de contrastes máximos foram P1 (ergo x pan) e M3 (ergo x pan).

4.3.4. Levantamento Simulado x Levantamento *In loco*

As tabelas 12, 13, 14 e 15 mostram as iluminâncias nos quadros e nos planos de trabalho nas três escolas (na situação atual) medidas a partir das simulações computacionais estáticas. As iluminâncias nos quadros foram medidas no horário das medições e dos questionários, e da mesma forma foram medidas as iluminâncias nos planos de trabalho. Com relação aos planos de trabalho, os dados de iluminância de Quirino (2018) medidos *in loco* também foram inseridos na tabela para comparação com os dados de simulação medidos na mesma data e horário, além dos dados de iluminância medidos nas datas e horários das aplicações dos questionários.

Analisando a tabela 12, percebe-se que não houve nenhum valor de iluminância abaixo de 300 lux nem acima de 2000 lux. Os valores mais baixos foram os da escola A no momento dos questionários, abaixo de 350 lux nas duas salas; e os valores mais altos foram da sala B1 no momento dos questionários e da sala C1 no momento das medições, acima de 1200 lux.

Tabela 12 - Simulações de incidências de iluminância nos quadros das salas

Iluminância (lux)	A		B		C	
	A1 (SE)	A2 (SE)	B1 (S)	B2 (N)	C1 (NO)	C2 (SE)
Simulação						
Medições quadro	546,70	519,50	682,20	380,29	1267,68	812,77
Simulação						
Questionários quadro	333,00	309,10	1431,95	761,62	771,00	978,36

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na escola A (tabela 13), os valores das iluminâncias *in loco* se aproximam dos valores das iluminâncias das simulações das medições em algumas posições. Pelo horário das simulações dos questionários (A1 às 7h50 e A2 às 8h23), era esperado um valor mais baixo nas iluminâncias. No geral, percebe-se que os valores das iluminâncias vão decrescendo conforme o distanciamento da janela.

Tabela 13 - Iluminância dos planos de trabalho - Escola A

A							
		A1 (SE)			A2 (SE)		
Sensor / Local		<i>In loco</i>	Sim. Med.	Sim. Quest.	<i>In loco</i>	Sim. Med.	Sim. Quest.
Próximo à janela	9637	597,46	618,00	309,50	1227,10	648,50	347,00
	9638	506,64	618,50	321,00	1105,54	650,50	360,50
	9639	554,17	594,50	323,50	1202,92	615,50	360,50
Linha central	9643	421,28	607,00	301,50	656,65	635,00	280,50
	9644	389,98	576,00	288,50	643,68	616,50	287,50
	9645	378,19	505,00	268,00	671,97	541,50	278,00
Distante da janela	9646	336,59	619,00	311,00	464,10	645,00	230,50
	9647	322,32	574,00	288,00	462,83	614,00	236,50
	9648	313,23	473,50	250,50	487,13	510,50	216,00

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Na tabela 14, observa-se uma grande diferença entre os valores de iluminância da escola B obtidos por simulação, e os valores medidos *in loco*, principalmente nas posições mais próximas à janela. As simulações dos questionários foram às 14h39 (B1) e 13h57 (B2), e mesmo não sendo em horários muito diferentes das medições, a diferença foi bastante significativa, o que pode haver sido causado pela diferença nas datas em que os dados foram levantados.

Tabela 14 - Iluminância dos planos de trabalho - Escola B

B							
		B1 (S)			B2 (N)		
Sensor / Local		<i>In loco</i>	Sim. Med.	Sim. Quest.	<i>In loco</i>	Sim. Med.	Sim. Quest.
Próximo à janela	9637	296,96	1498,00	2564,00	201,14	520,00	1053,50
	9638	251,28	1429,50	2095,00	190,60	618,50	1161,50
	9639	307,40	1214,00	1638,00	287,21	620,50	1110,50
Linha central	9643	250,88	674,50	1385,00	115,12	289,50	652,50
	9644	264,97	677,00	1216,00	121,24	347,50	699,50
	9645	289,56	584,50	1008,50	126,26	361,00	683,00
Distante da janela	9646	208,94	536,00	1151,00	85,53	240,50	566,00
	9647	206,21	508,00	1029,00	96,80	306,50	620,00
	9648	218,51	427,50	858,50	103,33	325,50	606,00

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Na tabela 15, também há uma grande variação entre os valores de iluminância medidos *in loco* e medidos por simulação. As simulações dos questionários da escola C aconteceram nos horários das 9h01 (C1) e 10h48 (C2). Como nos outros casos, as posições com valores máximos de iluminância foram nas proximidades das janelas.

Como cada escola possui uma orientação específica que varia até entre as salas analisadas, no caso das escolas B e C, e as medições *in loco* e computacionais também foram feitas em horários distintos, não é possível padronizar uma

análise entre todos os dados levantados, entretanto, é comum que nas três escolas, a proximidade à janela é um fator que eleva a iluminância naquela área.

Tabela 15 - Iluminância dos planos de trabalho - Escola C

C							
		C1 (NO)			C2 (SE)		
Sensor / Local		<i>In loco</i>	Sim. Med.	Sim. Quest.	<i>In loco</i>	Sim. Med.	Sim. Quest.
Próximo à janela	9637	258,62	2227,00	1211,00	421,09	1181,00	1417,50
	9638	201,37	2170,00	1229,50	355,96	1266,00	1586,50
	9639	182,71	1837,50	1143,50	412,18	1234,50	1583,50
Linha central	9643	244,20	1067,00	629,50	436,93	780,00	901,50
	9644	212,63	1041,50	644,50	404,34	838,50	1013,50
	9645	187,55	895,50	606,50	407,19	809,00	1004,50
Distante da janela	9646	241,26	789,50	485,50	409,26	448,50	505,50
	9647	210,75	779,50	499,50	377,25	422,50	534,50
	9648	182,60	692,00	473,00	350,25	444,50	525,00

Fonte: Elaborado pela autora (2021) com base em Quirino (2018).

Nas três escolas também foram encontrados valores abaixo de 300 lux, o que é considerado insuficiente. E nas escolas B e C, algumas posições tiveram valores de iluminância acima de 2000 lux, que também é um valor não aceitável no intervalo estabelecido pela norma.

4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises deste trabalho, foram considerados os dados de *p-valor* e os valores de AUC dos GLMs. Para cada item das rotinas foram verificadas quais combinações entre as variáveis eram mais significativas a partir do *p-valor* ($<0,05$) e da AUC, que é um indicador aceitável quando acima de 0,7.

Todos os gráficos de matriz de confusão plotados no *R Studio* estão no Apêndice C, e os mais significativos serão analisados a seguir. A tabela 16 apresenta oito tentativas realizadas utilizando a variável *ofusamb* (“se o aluno acha o ambiente claro e diz que prefere mais escuro”), em função de outras nove variáveis.

Tabela 16 - Variável *ofusamb*

	OFUSAMB (<i>p-valor</i>)									AUC
	LP	SMP	SQP	SMQ	SQQ	MFxE	MExP	QFxE	QExP	
1	0.257911	0.122382	0.586355	0.974248	0.208327	0.000650***	0.079162	0.000399***	0.126737	0.8446451
2	0.231798	0.298135	0.270091	0.420181	-	0.001135**	0.140139	0.000611***	0.218101	0.8446451
3	0.256791	0.026926 *	0.474929	-	0.144483	0.000589 ***	0.060417	0.000393 ***	0.105322	0.8433998
4	0.236708	0.003995 **	-	-	0.119181	0.000598 ***	0.074225	0.000346 ***	0.148290	0.8483811
5	-	0.004486 **	-	-	0.103387	0.000638 ***	0.161010	0.000484 ***	0.361180	0.8334371
6	-	0.006110 **	-	-	0.150573	0.000878 ***	0.243375	0.000674 ***	-	0.8240971
7	-	0.005684 **	-	-	0.252268	0.001374 **	-	0.000955 ***	-	0.8147572
8	-	0.006183 **	-	-	-	0.001610 **	-	0.001372 **	-	0.8016812

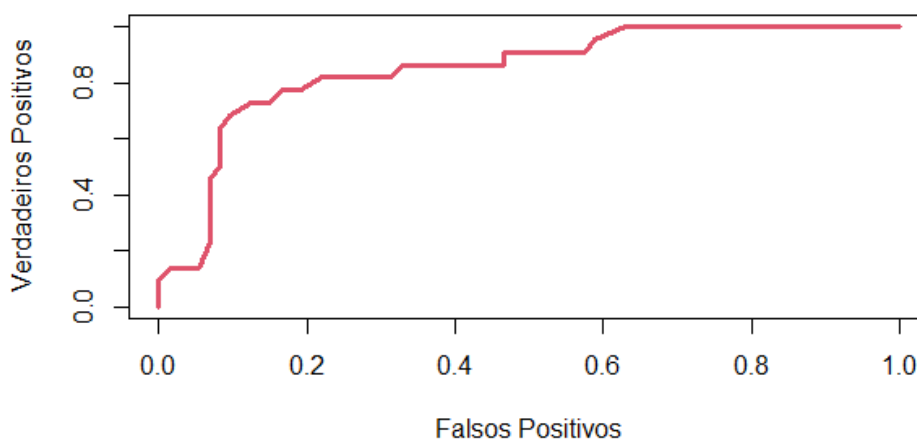
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A variável *ofusamb* tem números de *p-valor* (menores que 0,05) mais significativos em função das variáveis SMP, MFxE e QFxE, como indicado com os asteriscos ao lado dos valores. Considerando o fato de o aluno ter preferência por um ambiente mais escuro, poder ser um indicador de probabilidade de ofuscamento, pode-se afirmar que as medidas de luminância no plano de trabalho no momento das medições, e os contrastes de luminância no foco x ergo (no momento das medições e nos momentos dos questionários), são variáveis significativas relacionadas à sensação de ofuscamento.

Os valores de AUC da variável *ofusamb* estão entre 0,80 e 0,84, sendo considerados aceitáveis, já que estão acima de 0,70. A seguir observa-se o

gráfico da figura 58 do quarto *script* da tabela 16, que possuiu o maior valor de AUC (sendo 0,848) dentre as oito tentativas.

Figura 58 - Gráfico *ofusamb*



Fonte: Elaborado pela autora (2022) no *R Studio*.

A variável *ofussolqua* (“se o aluno diz que a luz do sol incide no quadro e acha o ambiente claro ou muito claro”) também pode ser indicadora de ofuscamento por ter relação com a sensação de o ambiente estar com excesso de luz, e com a iluminação que incide no quadro, que é um plano no qual a visão do aluno foca durante boa parte da aula.

As variáveis com valores significativos de *p-valor* para a variável dependente *ofussolqua*, foram SMP, SMQ, MFxE e QFxE, que podem ser visualizadas na tabela 17, verificando os asteriscos ao lado dos valores.

Os valores de SMP e SMQ foram menos significativos do que na análise da variável *ofusamb*, mas mostram que a iluminância no plano de trabalho e no quadro influenciam na sensação de a sala estar mais clara ou não. Os valores de contraste na área do foco x ergo foram novamente mais significativos que o restante das variáveis.

Os valores de AUC das oito propostas de modelos da tabela 17 estão entre 0,70 e 0,79, ainda tidos como aceitáveis para mensurar a capacidade de predição do modelo proposto.

Tabela 17 - Variável *ofussolqua*

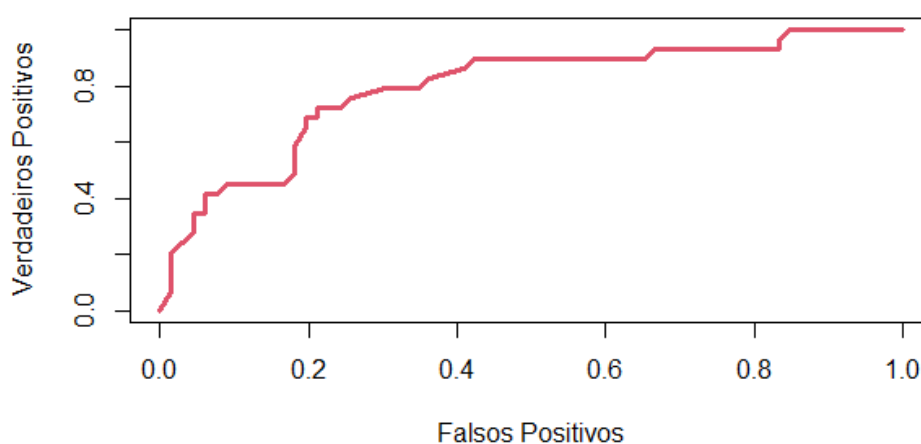
	OFUSOLQUA (<i>p</i> -valor)									AUC
	LP	SMP	SQP	SMQ	SQQ	MFxE	MExP	QFxE	QExP	
1	0.8857	0.0525 .	0.0731 .	0.0171 *	0.1152	0.0153 *	0.1065	0.0077 **	0.2789	0.7938871
2	-	0.04253 *	0.06231 .	0.01271 *	0.10656	0.00488 **	0.09289 .	0.00355 **	0.24596	0.7944096
3	-	0.07331 .	0.11076	0.02078 *	0.15810	0.00962 **	0.12725	0.00759 **	-	0.7870951
4	-	0.04717 *	0.29958	0.01924 *	-	0.00698 **	0.10407	0.00672 **	-	0.7860502
5	-	0.06261 .	-	0.03134 *	-	0.00682 **	0.14834	0.00873 **	-	0.7855277
6	-	0.0964 .	-	0.0711 .	-	0.0117 *	-	0.0105 *	-	0.7447753
7	-	-	-	0.36453	-	0.00858 **	-	0.00499 **	-	0.7447753
8	-	-	-	-	-	0.00813 **	-	0.00368 **	-	0.7050679

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O valor mais alto foi o do segundo *script*, com AUC de 0,794, representado pelo gráfico da figura 59, no qual percebe-se uma curva mais distante da extremidade superior esquerda do que a curva da figura 58.

Na tabela 18, pode-se observar os números de *p*-valor para a variável *ofusmesa* (“se o aluno tem dificuldade de enxergar na mesa e acha o ambiente claro ou muito claro”) em função das outras variáveis analisadas. Nesse caso, as variáveis mais significativas, a partir dos números de *p*-valor, foram SMQ, MFxE e QFxE, sendo os valores de SMQ ainda pouco significativos.

Figura 59 – Gráfico *ofussolqua*



Fonte: Elaborado pela autora (2022) no *R Studio*.

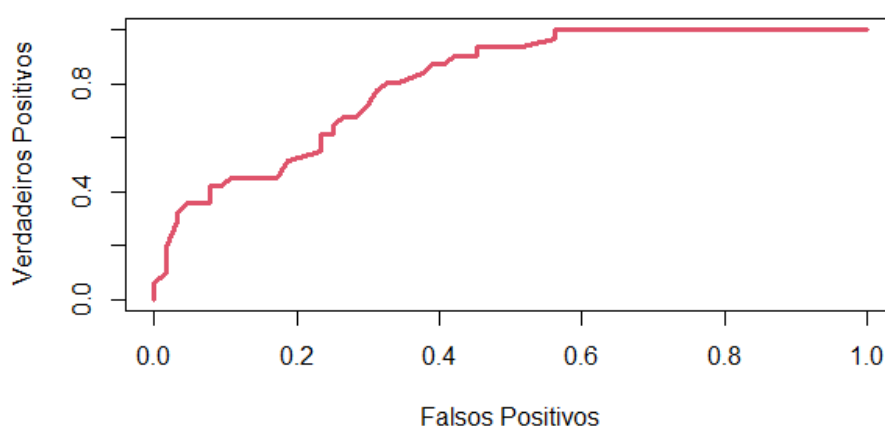
O primeiro *script*, que considera todas as variáveis independentes, foi o que obteve um maior valor de AUC, de 0,808. Os valores permanecem aceitáveis, entre 0,79 e 0,80. Na figura 60, o gráfico mostra os valores da matriz de confusão para o primeiro *script* da tabela 18.

Tabela 18 - Variável *ofusmesa*

	OFUSMESA (p-valor)									AUC
	LP	SMP	SQP	SMQ	SQQ	MFxE	MExP	QFxE	QExP	
1	0.38036	0.72653	0.72909	0.05414 .	0.42495	0.00431 **	0.55124	0.00559 **	0.64057	0.8087198
2	0.37407	0.91871	-	0.02265 *	0.05269 .	0.00418 **	0.52421	0.00527 **	0.62618	0.8061996
3	0.36494	-	-	0.00581 **	0.05170 .	0.00333 **	0.52879	0.00374 **	0.63047	0.8077117
4	0.41758	-	-	0.00476 **	0.05692 .	0.00225 **	0.65775	0.00239 **	-	0.8072077
5	0.42023	-	-	0.00457 **	0.06388 .	0.00244 **	-	0.00252 **	-	0.8036794
6	-	-	-	0.001560 **	0.036295 *	0.002780 **	-	0.003022 **	-	0.7920867

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 60 – Gráfico *ofusmesa*



Fonte: Elaborado pela autora (2022) no *R Studio*.

De acordo com as análises, a variável dependente mais significativa, com AUC mais elevado, foi a variável “*ofusamb*”, já que quanto mais acentuada a curvatura, melhor o modelo.

Os valores de contraste do campo visual continuam sendo considerados os mais significativos para as três variáveis. As variáveis de medidas de iluminância no plano e no quadro e as variáveis de contraste foco x ergo nos horários das

medições e dos questionários obtiveram valores significativos de correlação com as variáveis dependentes de probabilidade de ofuscamento dos alunos.

Devido aos níveis de significância das variáveis, percebe-se que a iluminância dos planos principais de visão direta dos alunos, relacionadas com a totalidade do campo visual, contribuem expressivamente para a percepção dos alunos com relação à iluminação do ambiente.

5. DISCUSSÕES

Cada tópico do capítulo anterior sobre os resultados está sintetizado neste capítulo em forma de quadros-resumo, de forma a analisar os dados levantados neste trabalho considerando todas as temáticas.

Na tabela 19, sobre a caracterização do objeto de pesquisa, são percebidas as variações nas implantações das escolas, mesmo tendo as três o mesmo projeto arquitetônico. Dessa forma, as seis salas se encontram em quatro orientações distintas, sendo sudeste a predominante em 3 salas, e as outras sendo sul, norte e noroeste.

Tabela 19 - Resumo Caracterização das Escolas

Salas	Análise Resumo – Caracterização das Escolas
A1	- Orientação sudeste;
A2	- No verão, as salas recebem luz direta até cerca das 9h da manhã; - Dados coletados: fim de agosto pela manhã
B1	- Orientação sul; - Luz direta: dezembro-fevereiro: 6h-8h / setembro-dezembro: 16h-18h; - Dados coletados: fim de agosto, início da tarde
B2	- Orientação norte; - Luz direta: março-maio: início da manhã / junho: dia todo / julho-setembro: fim da tarde; - Dados coletados: fim de agosto, início da tarde
C1	- Orientação noroeste; - Luz direta no período da tarde; - Dados das medições: início de setembro, início da manhã; - Dados dos questionários: início de setembro, início da tarde
C2	- Orientação sudeste; - Luz direta no período da manhã; - Dados das medições: início de setembro, início da manhã; - Dados dos questionários: início de setembro, início da tarde

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Outra variação encontrada que contribui nos resultados da pesquisa, foi nas datas e horários de medições, o que consequentemente interfere nos dados de

iluminância medidos *in loco* e simulados computacionalmente. Também é necessário considerar que nas simulações apenas se escolhe a data com um horário (hora/minuto) e um tipo de céu. Sendo assim, as variações que ocorrem no tempo durante as medições não têm como ser contempladas numa simulação.

Dessa forma, mesmo com as informações das cartas solares resumidas na tabela 19, e com os detalhes dos dias dos levantamentos de dados, não é possível realizar uma simulação que contemple todas essas variáveis, o que acaba gerando variações entre os dados medidos e os dados simulados.

Como fica perceptível na tabela 19, a partir dos horários de incidência da iluminação natural obtidos nas análises das cartas solares, a coleta de dados *in loco* nem sempre foi realizada no momento de maior incidência da luz solar, o que também pode interferir nas respostas dos alunos para os questionários, já que as respostas podem considerar apenas aquele instante específico, e não a sensação de desconforto que a iluminação pode causar ao longo do ano.

Na tabela 20 estão resumidos os resultados do tópico referente às simulações dinâmicas, separados por escolas. De forma geral, percebeu-se que a situação inicial de projeto das escolas recebia uma maior incidência solar devido às suas características construtivas, entretanto, por existirem duas aberturas nas salas em lados opostos, também havia uma maior homogeneidade na distribuição da luz.

Já nas salas da situação atual de projeto, em consequência das mudanças nas características das salas, como o fechamento da abertura superior, a incidência de luz direta é menor, porém a iluminação das salas é menos homogênea. Essa diferença na distribuição da luz na área da sala pode provocar mais incômodo visual e uma consequente sensação de ofuscamento devido as variações de iluminância.

Tabela 20 - Resumo Simulações Dinâmicas

Escolas	Análise Resumo – Simulações Dinâmicas
A	- Situação Inicial: valores de iluminância mais altos, mais homogeneidade; - Situação Atual: valores de iluminância mais baixos, mais heterogeneidade; - A área da sala onde incide mais iluminação dista 1m da janela
B	- Situação Inicial: valores de iluminância mais altos, mais homogeneidade; - Situação Atual: valores de iluminância mais baixos, mais heterogeneidade; - Na sala B1, valores mais altos de iluminância nas duas situações; - Na sala B1, a área da sala onde incide mais iluminação dista 1m da janela
C	- Situação Inicial: valores de iluminância mais altos, mais homogeneidade; - Situação Atual: valores de iluminância mais baixos, mais heterogeneidade; - Salas C1 e C2 na situação atual com UDI acima de 2000 lux mais significativo

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Também se percebeu que a área da sala com maiores iluminâncias não foi a área imediata ao lado da abertura da sala, mas sim, a área que dista cerca de um metro da janela. As salas da Escola C foram as que possuíram valores de UDI acima de 2000 lux mais significativos, incidindo cerca de 20% do ano em quase 50% da área das salas.

Na tabela 21, estão sintetizadas as informações sobre as posições dos alunos nas salas com maiores e menores contrastes de iluminância no campo visual. Os gráficos de campo das simulações estáticas apresentam visualmente essa diferença de homogeneidade lumínica entre a situação inicial e a atual.

As simulações estáticas, a partir dos valores de contraste no campo visual, mostraram que para as salas A1 e A2 com janela voltada para sudeste os maiores contrastes estavam nas posições próximas e distantes da janela, do meio para a frente da sala, e os valores de menores contrastes estavam na fileira intermediária à abertura, do meio para o fundo da sala.

Na sala B1, posição sul, os maiores contrastes estavam à frente da sala, nas posições próximas ao quadro e centrais e próximas à janela; e os mais baixos estavam do centro para o fundo da sala, nas posições próximas e distantes da janela. Na sala B2 (norte), os valores máximos de contraste estavam nas

posições centrais e na frente da sala, e os valores mínimos estavam nas posições centrais.

Tabela 21 - Resumo Simulações Estáticas

Escolas	Análise Resumo – Simulações Estáticas
A	- Contrastes mais altos na situação inicial: D2 e P2 - Contrastes mais altos na situação atual: D1 e P2 - Contrastes mais baixos na situação inicial: M3 e P3 - Contrastes mais baixos na situação atual: M1 e M3
B	- Contrastes mais altos na situação inicial: M2 e P2 - Contrastes mais altos na situação atual: P1 e M2 - Contrastes mais baixos na situação inicial: M3 - Contrastes mais baixos na situação atual: D2
C	- Contrastes mais altos na situação inicial: P1 e P2 - Contrastes mais altos na situação atual: P1 e M3 - Contrastes mais baixos na situação inicial: D1, P1 e D2 - Contrastes mais baixos na situação atual: D1, M1 e D2

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

As salas C1, posição noroeste, e C2, posição sudeste, possuem valores máximos de contraste nas posições à frente e próximas à janela, e no meio da sala, e possui valores mínimos de contraste nas posições mais afastadas da janela também na frente das salas.

Com relação à análise estatística, a partir de Modelos Lineares Generalizados, foram encontradas fortes significâncias entre as variáveis independentes de contraste de iluminância no campo visual e as medidas de iluminância no plano de trabalho e no quadro no momento das medições, e as variáveis dependentes de probabilidade de haver ofuscamento com relação às percepções dos alunos.

A partir das análises realizadas ao longo deste trabalho, percebe-se a influência de diversas variáveis na sensação de ofuscamento de alunos em salas de aula. Essas variáveis são tanto climáticas e temporais, quanto referentes à implantação e às características construtivas externas e internas das

edificações, e também são referentes à posição de cada criança em sala de aula, além das especificidades inerentes a cada indivíduo.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a iluminação de seis salas de aula em três escolas municipais de João Pessoa, que possuem um mesmo projeto arquitetônico, mas estão posicionadas em orientações distintas, além de possuírem entornos com consolidações variadas. As crianças, que são as principais usuárias das salas, passam grande parte do seu tempo nesses ambientes, e é fundamental que haja condições adequadas de conforto para as mesmas.

Ao longo da pesquisa, as condições de conforto visual dos usuários foram avaliadas, e foram encontradas diversas variáveis que influenciam nas sensações relacionadas à visão dos alunos, como os dias e horários, as variáveis relacionadas ao tipo de céu, a orientação da edificação, as características construtivas do ambiente, a altura dos usuários e dos planos de trabalho e a posição dos usuários no ambiente.

Observou-se também que procurar aproximar ao máximo as datas, as condições de céu e os horários dos levantamentos, contribui para uma padronização maior, o que facilita as análises dos resultados. Entretanto, são conhecidas as dificuldades para realizar levantamentos de dados com equipamentos envolvendo usuários e locais ocupados. A partir dessa observação, nota-se o valor que as simulações computacionais adicionam em análises, já que proporcionam mais dados que medições *in loco* e conseguem prever o desempenho de um ambiente.

As simulações dinâmicas dos modelos computacionais das escolas previram que para a situação inicial existia uma maior incidência lumínica das salas devido às características construtivas das escolas, entretanto a distribuição da luz era mais homogênea, o que diminui a probabilidade de sensação de ofuscamento.

Já na situação atual, apesar de incidência lumínica ser menos intensa e mais controlada, a distribuição de luz é mais heterogênea e isso causa maior probabilidade de haver ofuscamento. As salas com dados mais significativos de iluminância foram as salas C1 e C2, voltadas com suas aberturas, respectivamente, para noroeste e sudeste, e que tiveram suas medições

realizadas no início de setembro, com valores de UDI ultrapassando os 2000 lux em quase metade da área das duas salas durante quase 20% do ano.

Nas simulações estáticas, nos gráficos de campo visual, percebeu-se que geralmente, os maiores valores de contraste encontram-se nas posições frontais das salas e nas extremidades opostas às aberturas, e os menores valores de contraste ficam no meio da sala (com relação às aberturas) e na parte posterior.

Nas duas situações, nas escolas A e B, os contrastes mais altos geralmente estavam nas posições ao centro da sala para a frente, mais próximas ao quadro, e os contrastes mais baixos nas posições ao centro da sala para a parte de trás, mais afastadas do quadro. Apenas na escola C, tanto os contrastes maiores quanto os menores estavam nas posições mais próximas ao quadro. A área das posições próximas à janela também teve um maior número de contrastes mais altos.

A análise estatística a partir de Modelos Lineares Generalizados comprovou a significância entre a relação das variáveis de contraste foco x ergorama no campo visual, e das variáveis numéricas de iluminância na carteira dos alunos e nos quadros das salas de aula, com a possibilidade de haver indício de ofuscamento nos usuários. Sendo assim, quanto maior o contraste no campo visual (principalmente no foco x ergorama), geralmente se o usuário estiver numa posição frontal e numa posição próxima ou oposta à abertura, e em um ambiente com pouca homogeneidade lumínica, há uma maior probabilidade de haver sensação de ofuscamento e causar desconfortos visuais e físicos.

Dessa forma, atendeu-se ao objetivo geral desta pesquisa, que foi de avaliar as condições de conforto visual em salas de aula a partir das posições dos usuários, utilizando simulações computacionais, medições de iluminância e respostas de questionários; como também se atendeu aos objetivos específicos, que levaram à consolidação do objetivo principal. A hipótese de que o excesso de luz natural sujeita as crianças ao ofuscamento a partir da posição do aluno em sala de aula, foi respondida a partir das análises das simulações estáticas, as quais tiveram suas variáveis analisadas estatisticamente como significativas.

Considerar o entorno, a orientação do edifício e os condicionantes ambientais locais facilitam para que haja conforto ambiental adequado na edificação para

os seus usuários e minimizam a utilização de condicionamento e iluminação artificiais como forma de solucionar essa carência. É inegável a importância de se avaliar as variáveis espaciais e temporais relativas à sensação de ofuscamento, acopladas à opinião dos usuários, principalmente quando crianças, o que reforça a urgência da aplicação de estudos de conforto lumínico e iluminação natural ainda no processo de planejamento do projeto, de forma a evitar desconfortos nos usuários desses edifícios.

Sugere-se para pesquisas futuras, uma maior padronização das variáveis temporais e climáticas, de forma a diminuir a discrepância entre os dados medidos, para que seja possível encontrar valores ainda mais significativos entre as informações coletadas.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho térmico de edificações: parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. ABNT, 2005.

_____. NBR ISO/CIE 8995: **Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 5413: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: 1992.

_____. NBR 15.215-4: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.

ARIES, Myriam BC; AARTS, Mariëlle PJ; VAN HOOFF, Joost. **Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment**. Lighting Research & Technology, v. 47, n. 1, p. 6-27, 2015. ISSN 1477-1535.

Battisti, I. D. E. e Smolski, F. M. S. “Software R: Análise estatística de dados utilizando um programa livre”, Editora Faith, Bagé, RS, 2019.

BEGEMANN, S. H. A.; VAN DEN BELD, G. J.; TENNER, A. D. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 20, n. 3, p. 231-239, 1997.

BERNARDI, Núbia. Avaliação da Interferência comportamental do Usuário para a Melhoria do conforto em ambientes Escolares: Estudo de caso em Campinas, SP. **Unpublished master's thesis**, State University of Campinas, São Paulo, Brazil, 2001.

BORTOLAN, Giovana Mara Zugliani. Avaliação do desconforto visual subjetivo de funcionários de ambientes comerciais. Dissertação (Mestrado em Design). 2018. 153p. **UDESC – UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA**. Florianópolis, 2018.

BOUBEKRI, Mohamed. **Daylighting, architecture and health**. Routledge, 2008. ISBN 1136411941.

BRANDÃO, R. S.; ALUCCI, M. P. **Solar access in tropical cities: towards multicriteria solar envelope**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ARCHITECTURE, 2005.

CAVALERI, Mônica Pereira Marcondes; CUNHA, Guilherme Reis Muri; GONÇALVES, Joana Carla Soares. Iluminação natural em edifícios de escritórios: avaliação dinâmica de desempenho para São Paulo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 1, p. 19-34, 2018.

CORDEIRO, Alexander Magno et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007.

COSTANZO, Vincenzo; EVOLA, Gianpiero; MARLETTA, Luigi. A review of daylighting strategies in schools: state of the art and expected future trends. **Buildings**, v. 7, n. 2, p. 41, 2017.

COSTANZO, Vincenzo et al. Application of climate based daylight modelling to the refurbishment of a school building in Sicily. **Sustainability**, v. 10, n. 8, p. 2653, 2018.

CUNHA, Agostinho de Vasconcelos Leite da et al. Avaliação do programa APOLUX segundo os protocolos de modelos de céu do Relatório Técnico CIE 171: 2006. 2011.

CUNHA, A.V.L.; CLARO, A. AVALIAÇÃO DO PROGRAMA APOLUX SEGUNDO OS PROTOCOLOS 5.8, 5.9 E 5.11 DO RELATÓRIO TÉCNICO CIE. In: **XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2012, Juiz de Fora, MG - BR. Anais XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012.

CUNHA, A. V. L., RAMOS, G., DIAZ, L. A., CLARO, A. Comparação dos níveis de iluminação obtidos através de simulações computacionais no software APOLUX, usando os 15 modelos de céu adotados pela CIE. In: **XIII ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2010, Canela

BR. Anais XIII ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010.

DE GIULI, Valeria. **Modelling and Experimental Results in Daylighting Analysis To Improve Visual Comfort and to Reduce Energy Demand in Buildings**, PhD-thesis Università degli Studi di Padova, Department of technical physics, 2010.

DE GIULI, V.; DA POS, O.; DE CARLI, M.. Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools. **Building and Environment**, Padova, v. 56, p. 335-345, out./2012.

DESIGN, Innovative. Guide for daylighting schools. **Guide for Daylighting Schools**, 2004.

DOS SANTOS, Joaquim Cesar Pizzutti; RORIZ, Maurício. Influência do ângulo de incidência na transmitância de luz natural através de materiais transparentes. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 4, p. 123-135, 2007.

FANGER, Poul Ove. Assessment of man's thermal comfort in practice. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 30, n. 4, p. 313-324, 1973. ISSN 1351-0711.

FARAWAY, Julian J. **Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models**. Chapman and Hall/CRC, 2016.

FIGUEIRO, M. G.; NAGARE, Rohan; PRICE, L. L. A. Non-visual effects of light: How to use light to promote circadian entrainment and elicit alertness. **Lighting Research & Technology**, v. 50, n. 1, p. 38-62, 2018.

FUNDESCOLA, F. DE F. DA E. M. DE E. Espaços Educativos Ensino fundamental subsídios para Elaboração de Projetos e adequação de edificações escolares. **Cadernos Técnicos 4 - Volume 1**. Brasília: [s.n.], 2002a.

FUNDESCOLA, F. DE F. DA E. M. DE E. Espaços Educativos Ensino Fundamental subsídios para Elaboração de Projetos e adequação de edificações escolares. **Cadernos Técnicos 4 - Volume 2**. Brasília: [s.n.], 2002b.

GOU, Zhonghua; KHOSHBAKHT, Maryam; MAHDOUDI, Behnam. The impact of outdoor views on students' seat preference in learning environments. **Buildings**, v. 8, n. 8, p. 96, 2018.

HESCHONG, Lisa; WRIGHT, Roger L.; OKURA, Stacia. Daylighting impacts on human performance in school. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 31, n. 2, p. 101-114, 2002.

HOPKINSON, R.G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Sinopse Estatística da Educação Básica 2018**. Brasília: INEP, 2019. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>>. Acesso em: 13.01.2020.

JARAMILLO, C. B. Alterações na distribuição da luz natural causados pelos agrupamentos de estudantes em salas de aula. Diisertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). 2014. 142p. **UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**. Florianópolis, 2014.

KOWALTOWSKI, Doris CCK. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. Oficina de textos, 2011.

KNOOP, Martine et al. Daylight: What makes the difference?. **Lighting Research & Technology**, v. 52, n. 3, p. 423-442, 2020.

KULLER, Rikard; LINDSTEN, Carin. Health and behavior of children in classrooms with and without windows. **Journal of Environmental Psychology**, Lund, v. 12, n. 4, p. 305-317, dez./1992.

KWON, Choul Woong; LEE, Kang Jun. Integrated daylighting design by combining passive method with daysim in a classroom. **Energies**, v. 11, n. 11, p. 3168, 2018.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando OR. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª Edição. **São Paulo: PW**, 2014.

LEE, Kyung Sun; HAN, Ki Jun; LEE, Jae Wook. The impact of shading type and azimuth orientation on the daylighting in a classroom—focusing on effectiveness

of façade shading, comparing the results of DA and UDI. **Energies**, v. 10, n. 5, p. 635, 2017.

LEE, Sewon; LEE, Kyung Sun. A Study on the Improvement of the Evaluation Scale of Discomfort Glare in Educational Facilities. **Energies**, v. 12, n. 17, p. 3265, 2019.

MARDALJEVIC J.; NABIL A. Useful Daylight Illuminance: **A New Paradigm to Access Daylight in Buildings**. *Lighting Research & Technology*, Vol.37, Nº 1, 2005.

MATOSO, Marília. "Reinventando espaços para o bem-estar pós pandemia" 26 Ago 2021. **ArchDaily Brasil**. Acessado 22 Fev 2022.

<<https://www.archdaily.com.br/br/966011/reinventando-espacos-para-o-bem-estar-pos-pandemia>> ISSN 0719-8906.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BR); CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, v. 150, n. 112, 2013.

MOAZZENI, Mohammad Hossein; GHIABAKLOU, Zahra. Investigating the influence of light shelf geometry parameters on daylight performance and visual comfort, a case study of educational space in Tehran, Iran. **Buildings**, v. 6, n. 3, p. 26, 2016.

NISSOLA, Liliane Janine et al. A influência da luz natural na probabilidade de ocorrência de ofuscamento em ambientes com terminais de vídeo: um estudo de caso. 2005.

OLIVEIRA, Gimaoli C. de. Estudo do Potencial de Aproveitamento da Iluminação Natural em Escolas Municipais de João Pessoa – PB. 2012. **Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo)** - Universidade Federal da Paraíba.

PIZARRO, Paula Roberta. Estudo das variáveis do conforto térmico e luminoso em ambientes escolares. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). 2005. 179p. **UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**. Bauru, 2005.

QUIRINO, Luana Maria de Medeiros. **ANÁLISE DO CONFORTO LUMÍNICO EM ESCOLAS MUNICIPAIS DE ENSINO FUNDAMENTAL EM JOÃO**

PESSOA/PB. 2018. 127 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. **Leukos**, v. 3, n. 1, p. 7-31, 2006.

REINHART, Christoph F.; WIENOLD, Jan. The daylighting dashboard—A simulation-based design analysis for daylit spaces. **Building and environment**, v. 46, n. 2, p. 386-396, 2011.

SENNET, Richard. Hacia ciudades de 15 minutos. **El País**. El futuro después del coronavirus. Disponível em: <https://elpais.com/especiales/2020/coronavirus-covid-19/predicciones/hacia-ciudades-de-15-minutos/>. Acesso em 13/04/21.

SOUZA, Ellen Priscila Nunes de. **Qualidade e Percepção do Ambiente Construído: Influência nas características psicofisiológicas dos usuários**. Campinas: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2015. 271p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2015.

STEWART, Duncan M.. Attitudes of school children to daylight and fenestration. **Building and Environment**, Liverpool, v. 16, n. 4, p. 267-277, jan./1981.

USUELLI, Michele. **R Machine Learning Essentials**. Packt Publishing Ltd, 2014.

VALVERDE, Juliana Viégas de Lima. **A influência do conforto luminoso na satisfação dos profissionais que atuam no ginásio do Centro de Reabilitação Infantil, Natal-RN**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

VÁSQUEZ, N. G. ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS CAMPOS VISUAIS DE CRIANÇAS EM SALAS DE AULA: IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES ARQUITETÔNICOS DE MAIOR INFLUÊNCIA. 2011. **Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – UFSC**.

VÁSQUEZ, Natalia Giraldo et al. Proposta de um procedimento alternativo para avaliar o ofuscamento: uma abordagem temporal da direção da visão.

Ambiente Construído, v. 16, n. 1, p. 143-161, 2016.

VÁSQUEZ, Natalia Giraldo; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; KUHNEN, Ariane. Preferências visuais das crianças em salas de aula de educação infantil: uma aproximação experimental. **Ambiente construído**, v. 18, n. 3, p. 11-28, 2018.

VÁSQUEZ, N. G. et al. Luminous and visual preferences of young children in their classrooms: Curtain use, artificial lighting and window views. **Building and Environment**, Florianópolis, v. 152, p. 59-73, abr./2019.

VEITCH, J. A. **Workplace design contributions to mental health and well-being**. NRC Publications Archive. Ottawa, Ontario, Canada: National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, 2011.

WANG, Haidong; ZHAI, Zhiqiang John. Advances in building simulation and computational techniques: A review between 1987 and 2014. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 319-335, 2016.

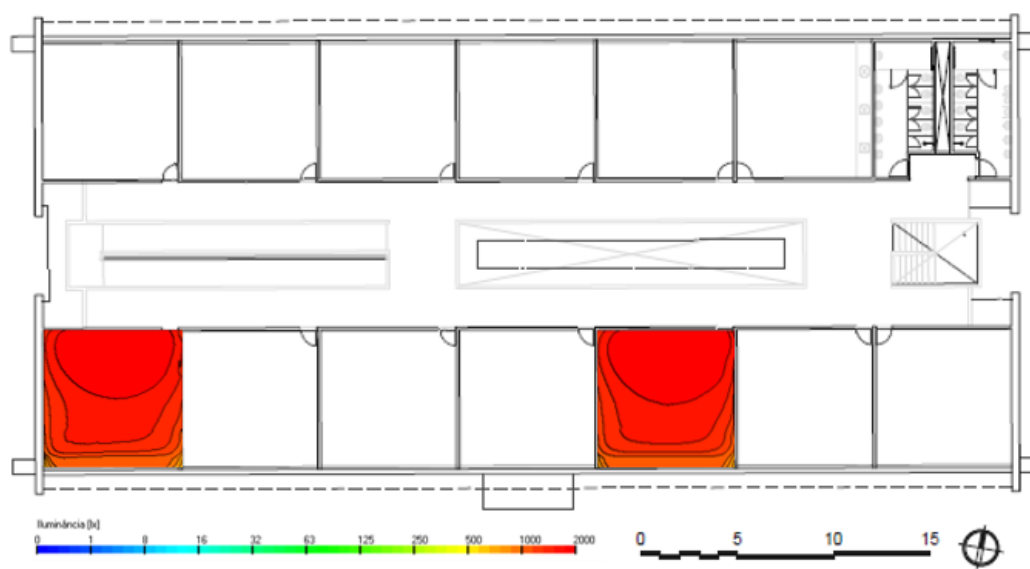
WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) et al. Indoor air pollutants exposure and health effects report on a WHO meeting Nördlingen, 8-11 June 1982. **EURO reports and studies**, v. 78, 1982.

ZANDE, &. V. D. *et al.* Lighting affects students' concentration positively: Findings from three Dutch studies. **Lighting Research and Technology**, Eindhoven, v. 45, n. 2, p. 159-175, abr./2013.

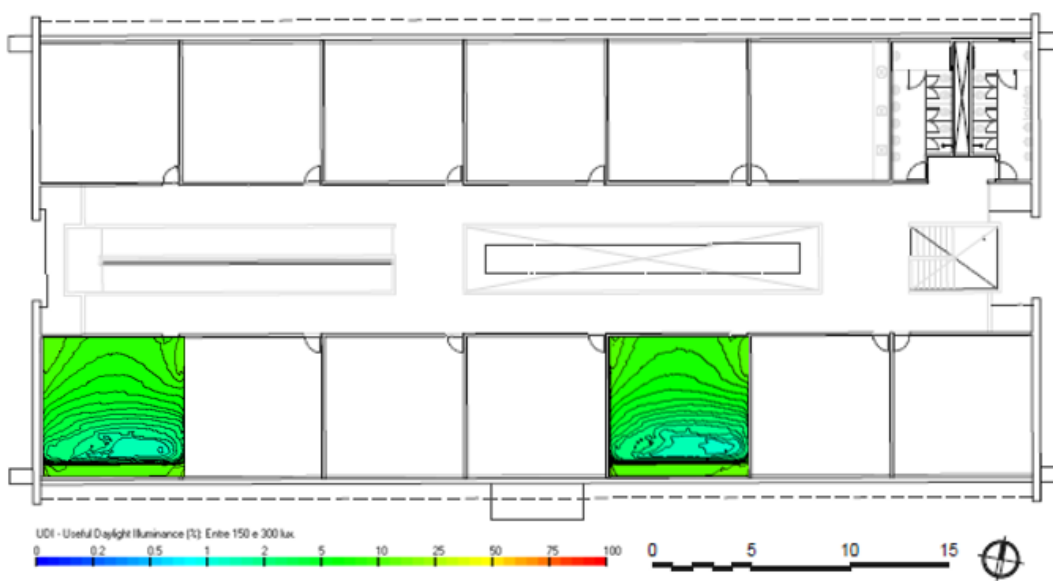
APÊNDICES

APÊNDICE A – GRÁFICOS SIMULAÇÕES DINÂMICAS

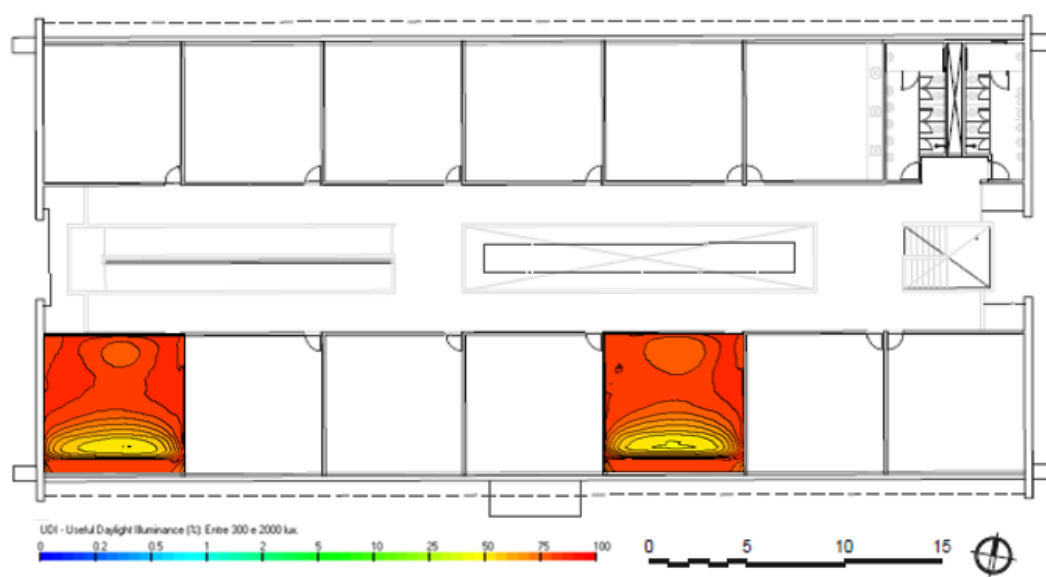
1. Gráfico Iluminância Escola A-inicial



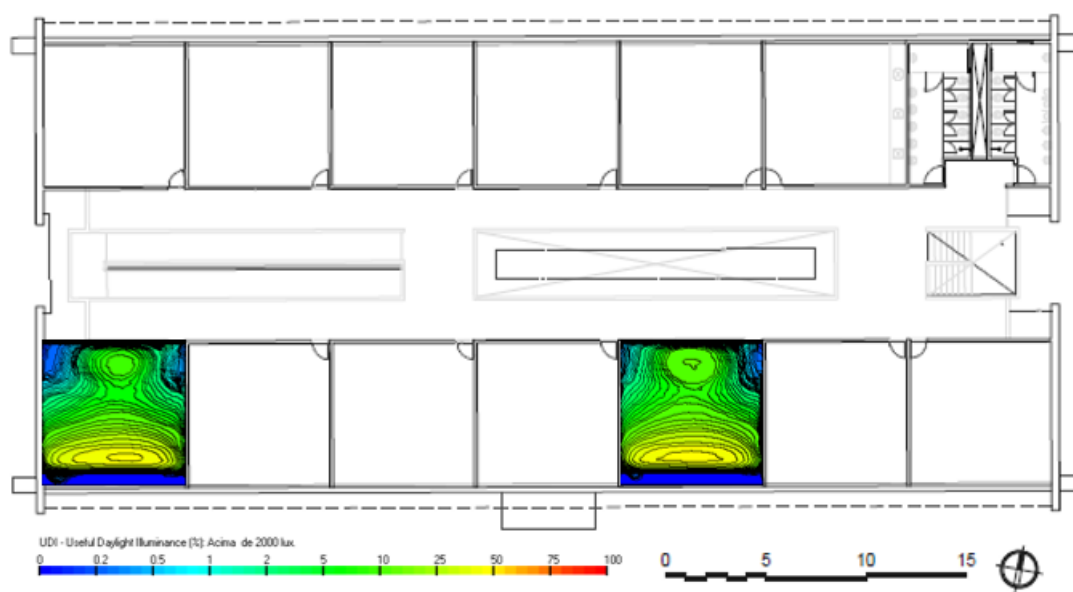
2. Gráfico UDI 150-300 Escola A-inicial



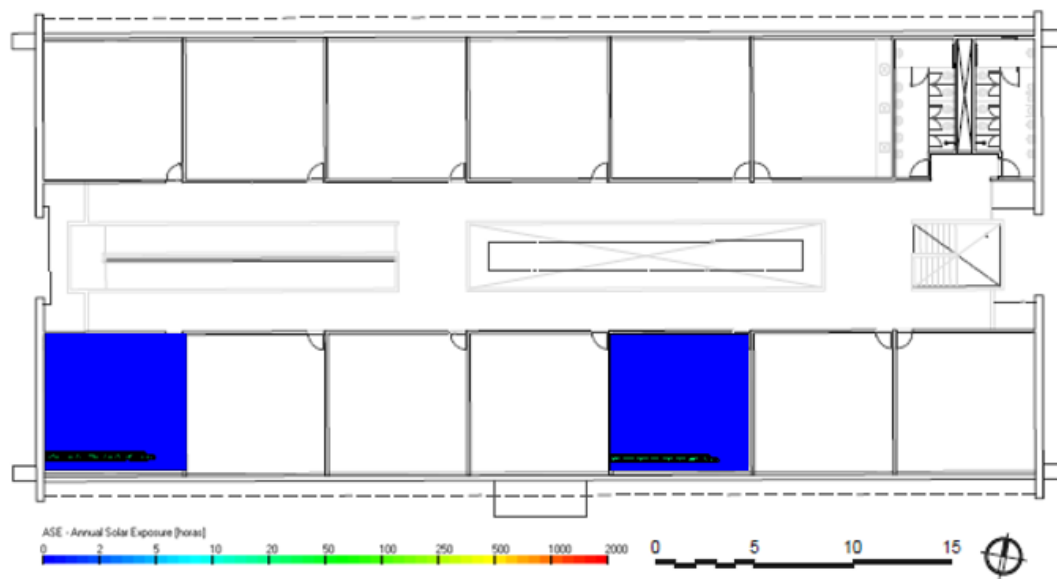
3. Gráfico UDI 300-2000 Escola A-inicial



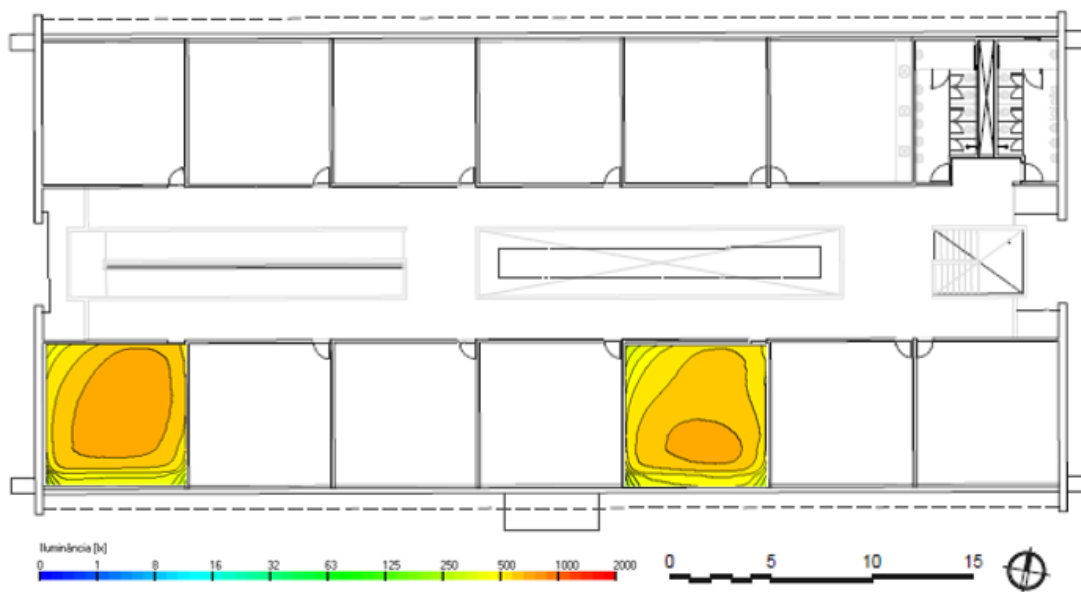
4. Gráfico UDI acima 2000 Escola A-inicial



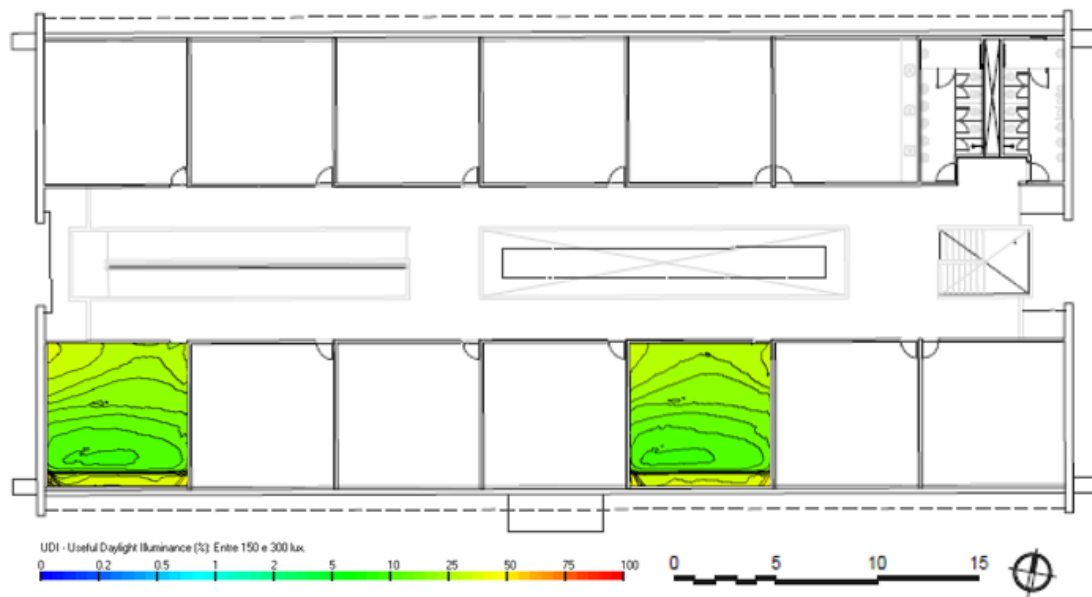
5. Gráfico ASE Escola A-inicial



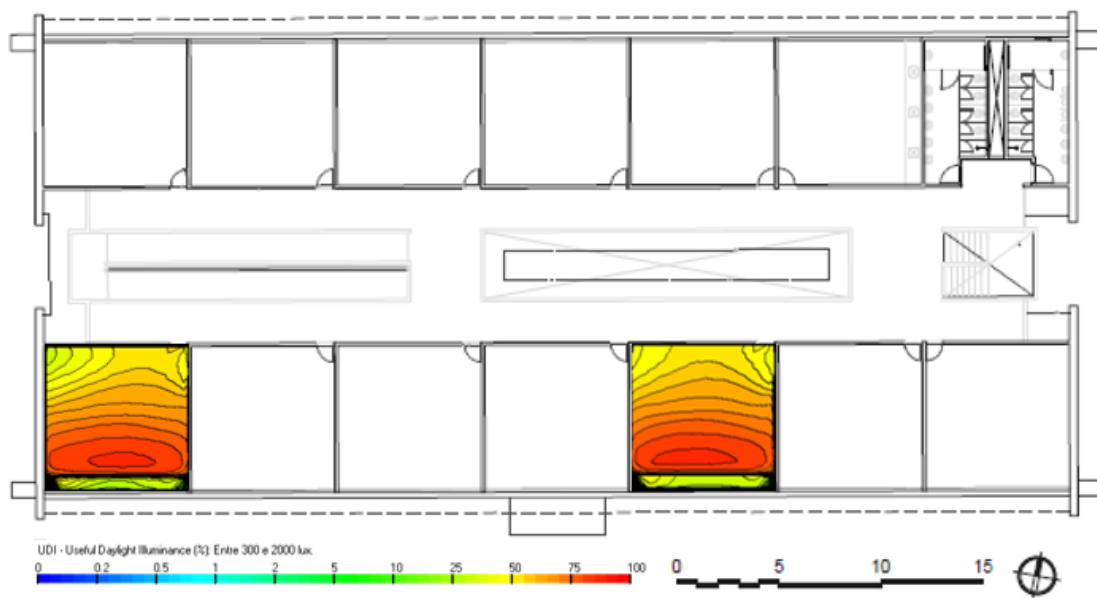
6. Gráfico Iluminância Escola A-atual



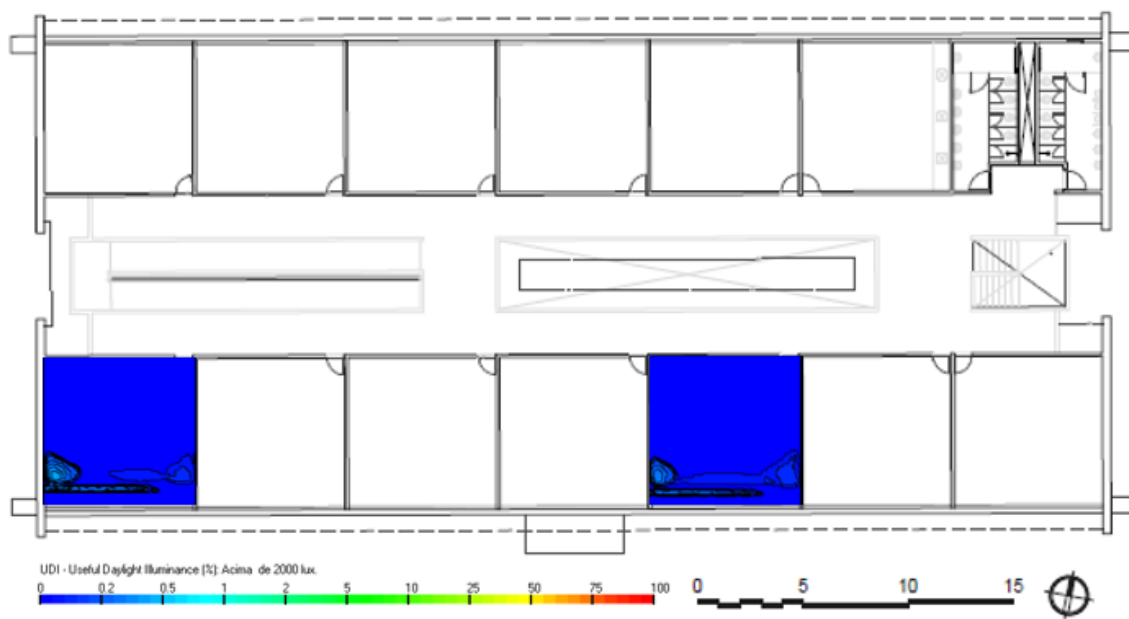
7. Gráfico UDI 150-300 Escola A-atual



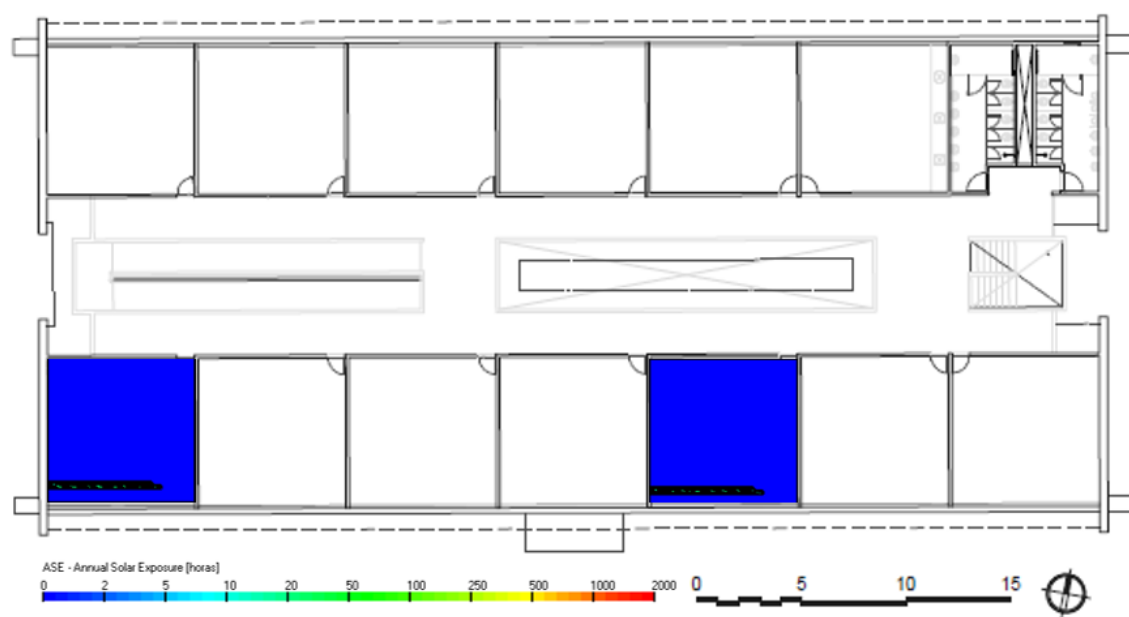
8. Gráfico UDI 300-2000 Escola A-atual



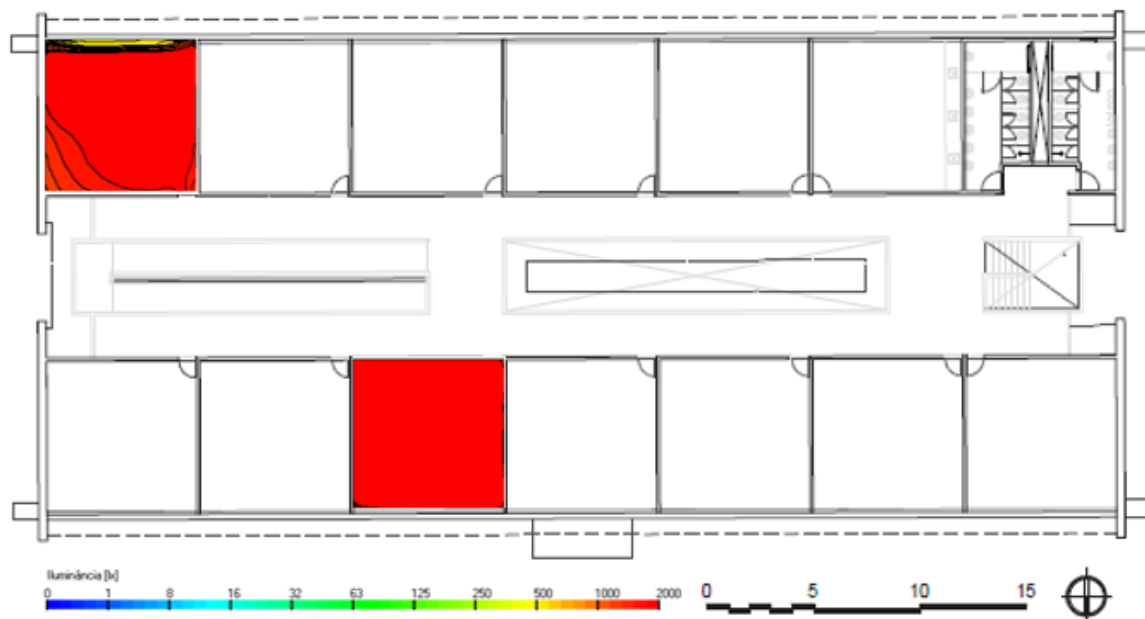
9. Gráfico UDI acima 2000 Escola A-atual



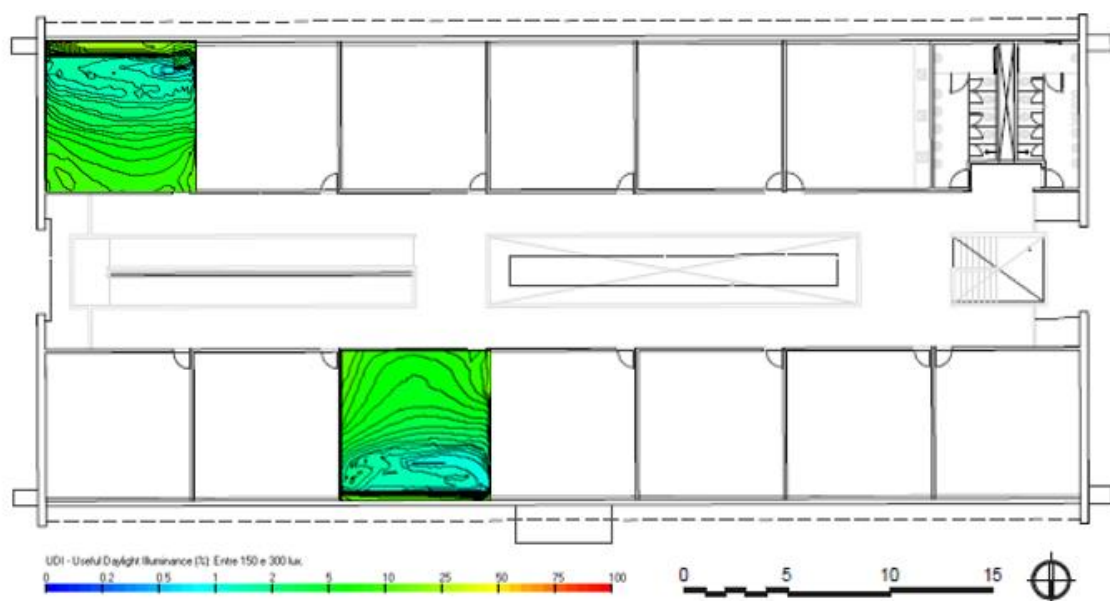
10. Gráfico ASE Escola A-atual



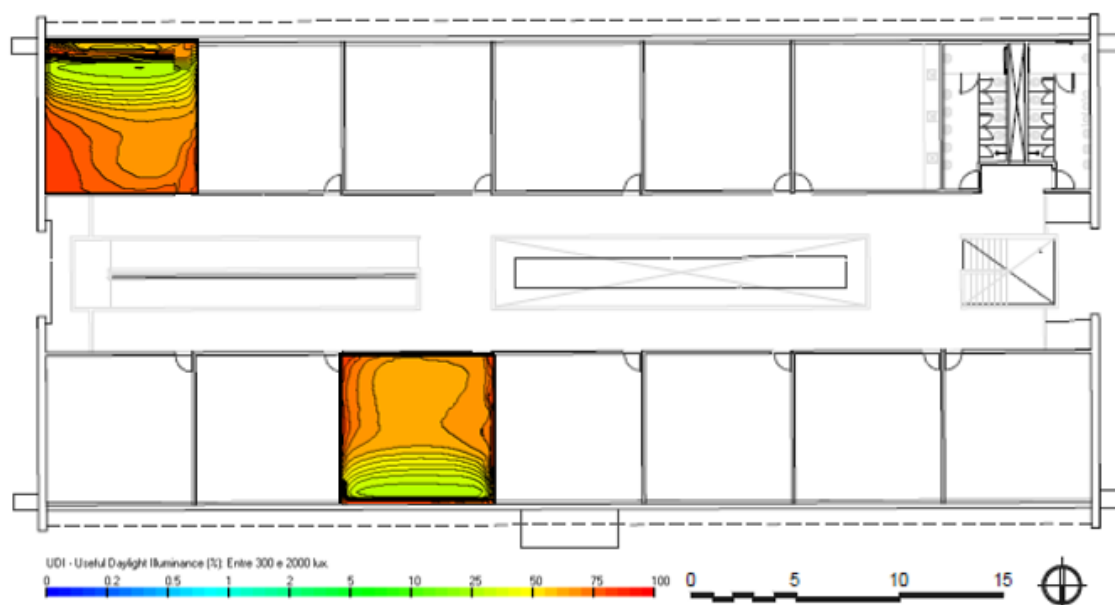
11. Gráfico Iluminância Escola B-inicial



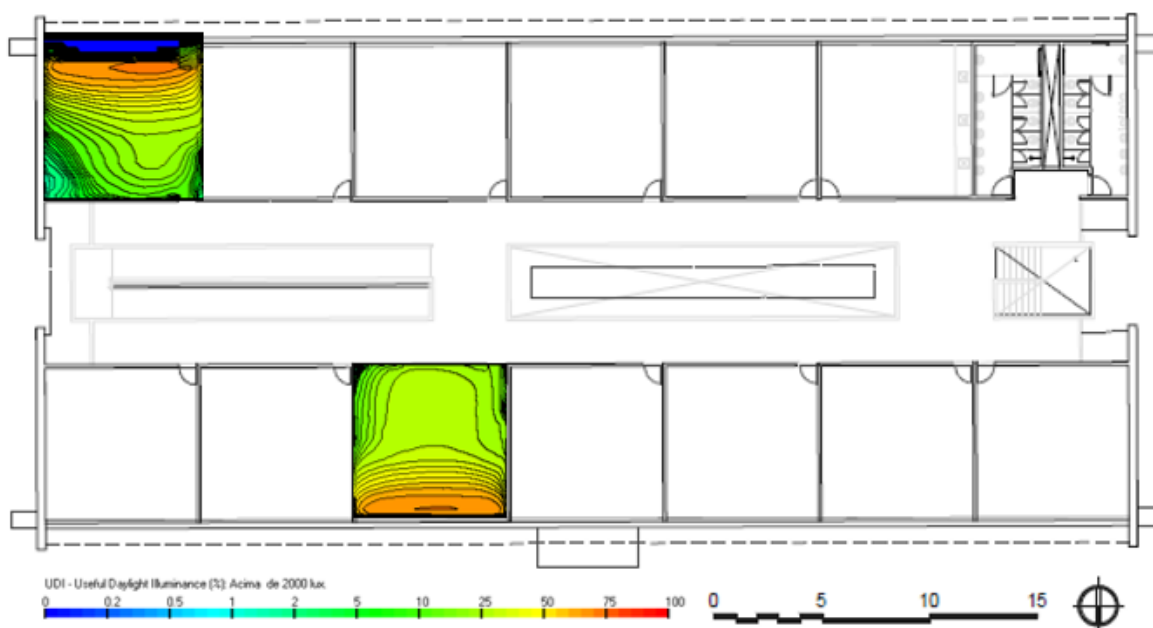
12. Gráfico UDI 150-300 Escola B-inicial



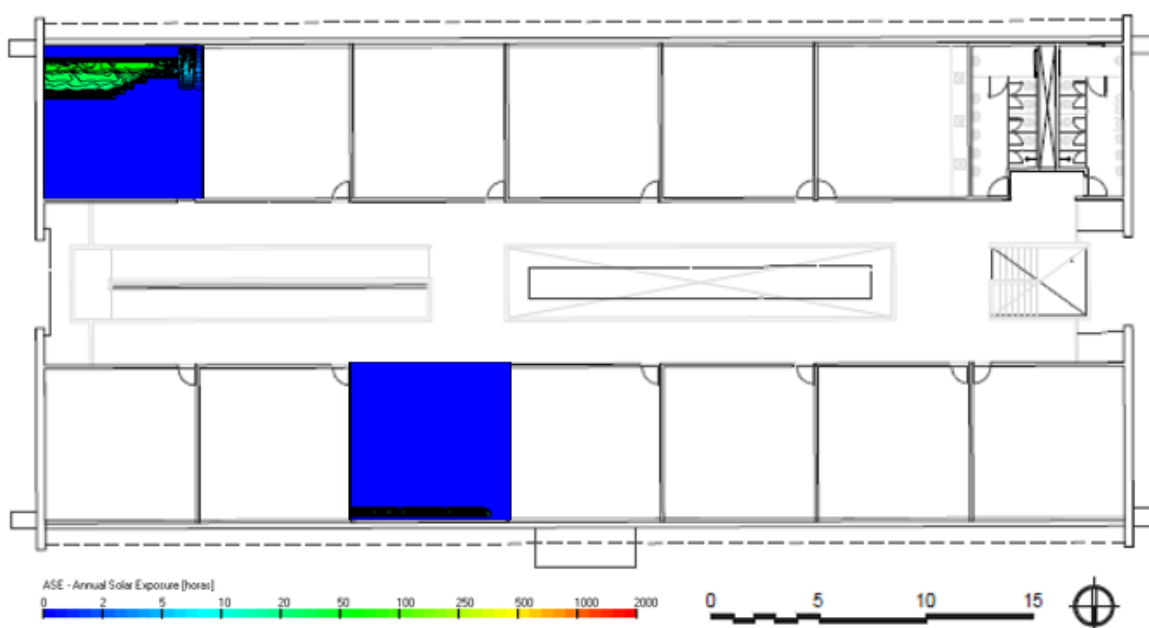
13. Gráfico UDI 300-2000 Escola B-inicial



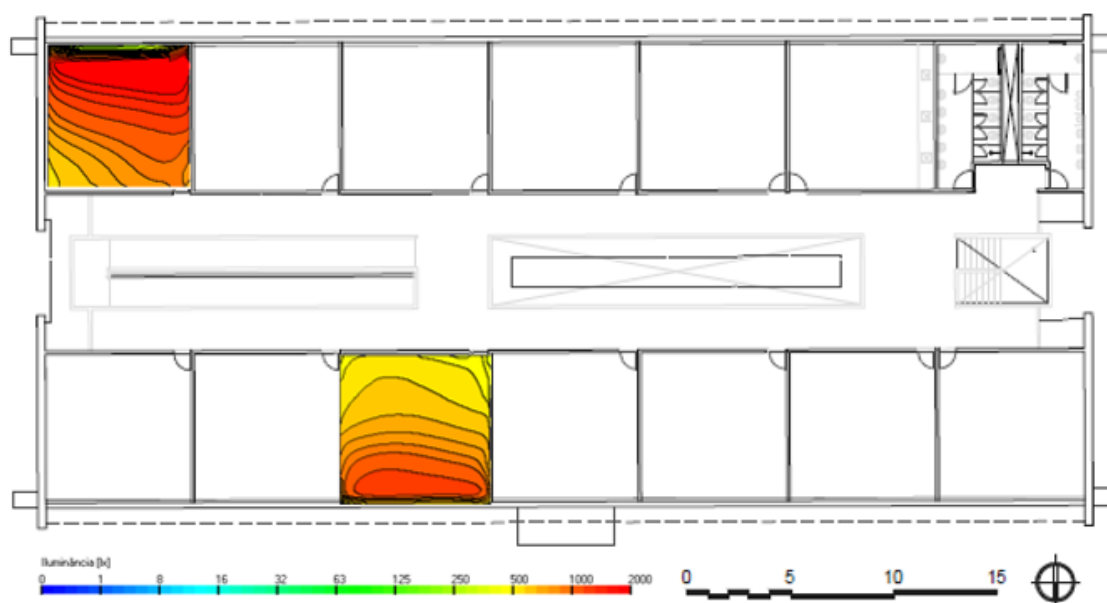
14. Gráfico UDI acima 2000 Escola B-inicial



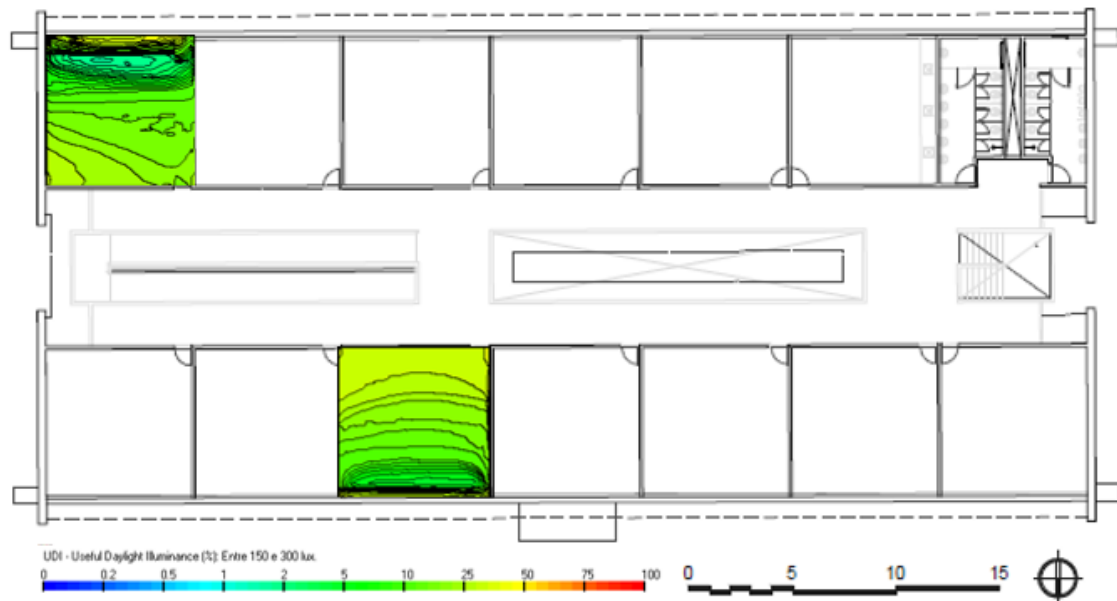
15. Gráfico ASE Escola B-inicial



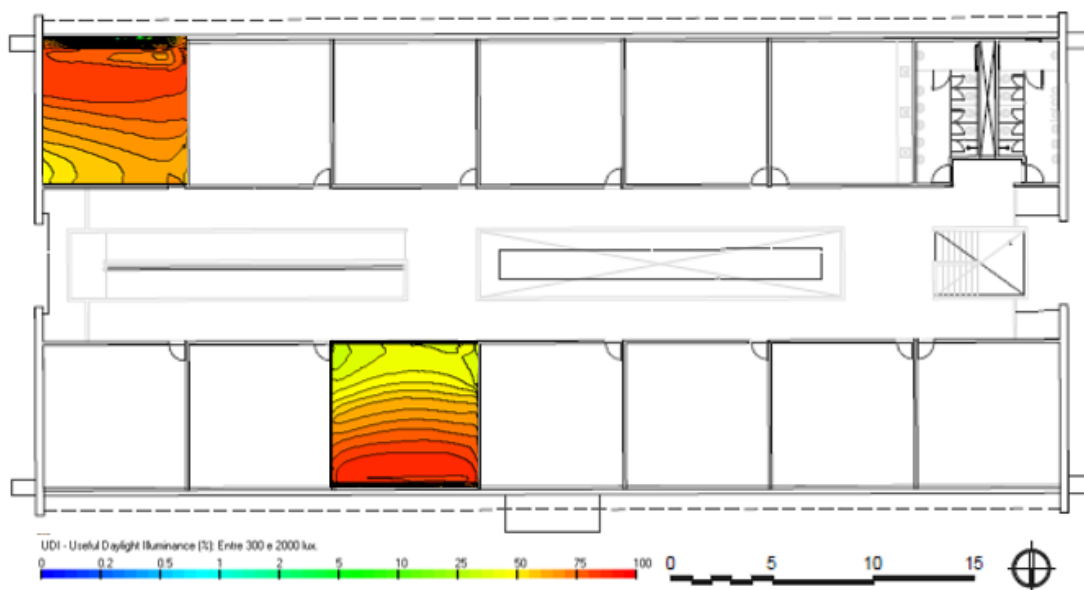
16. Gráfico Iluminância Escola B-atual



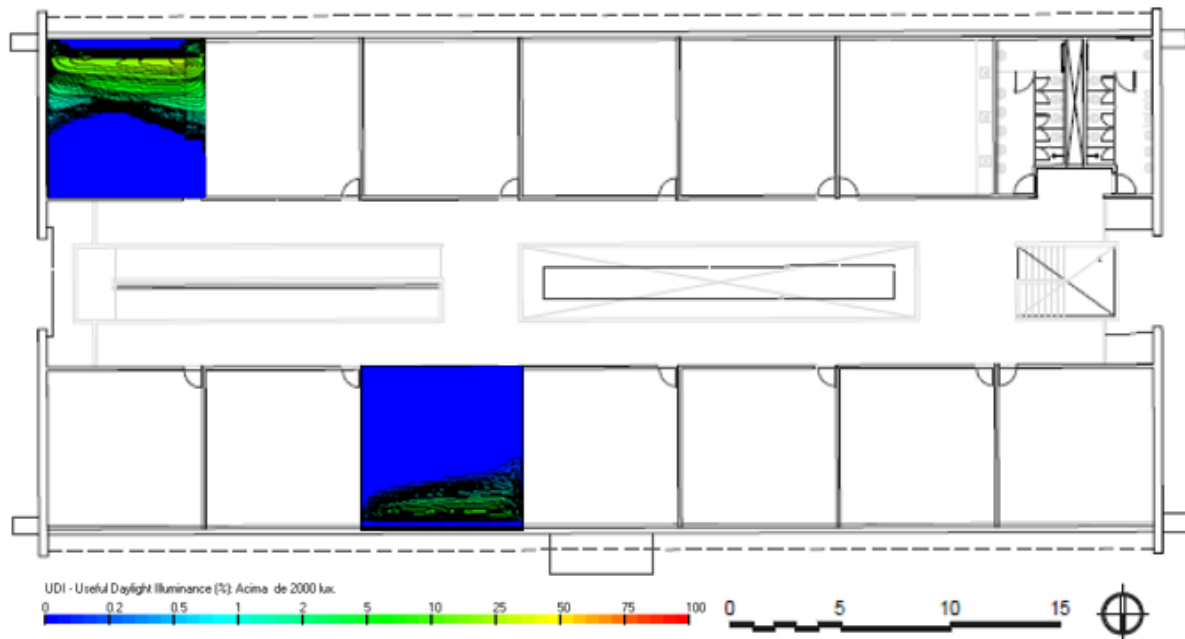
17. Gráfico UDI 150-300 Escola B-atual



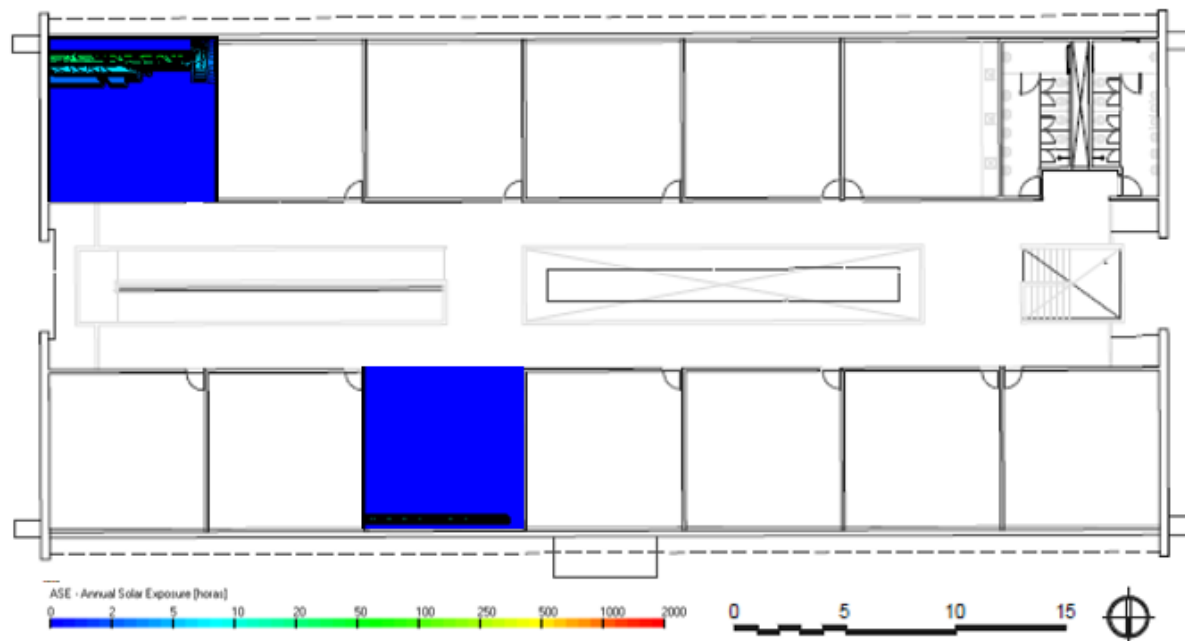
18. Gráfico UDI 300-2000 Escola B-atual



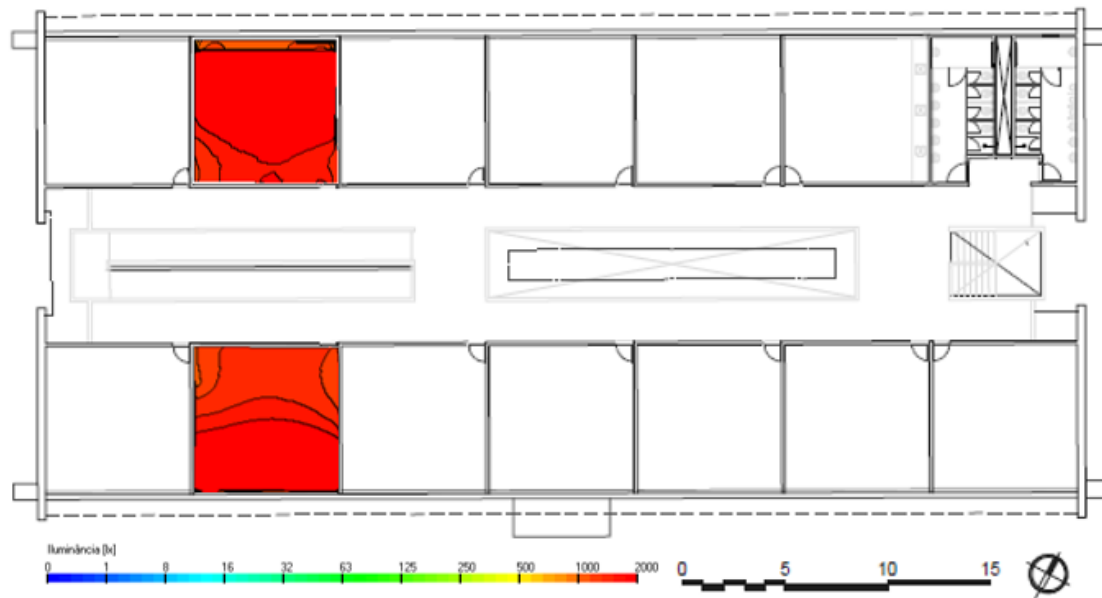
19. Gráfico UDI acima 2000 Escola B-atual



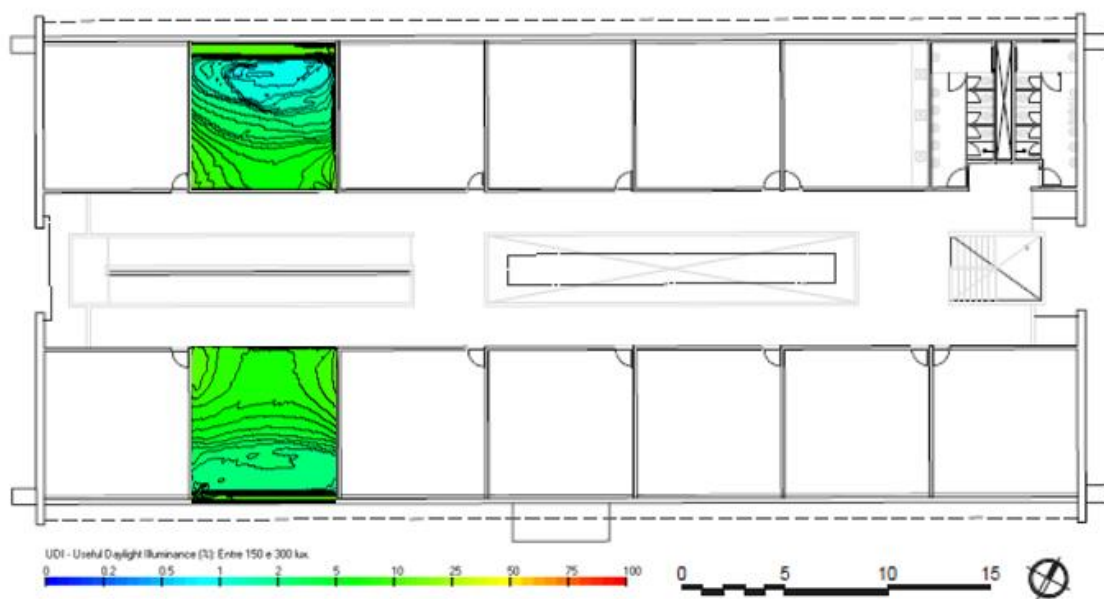
20. Gráfico ASE Escola B-atual



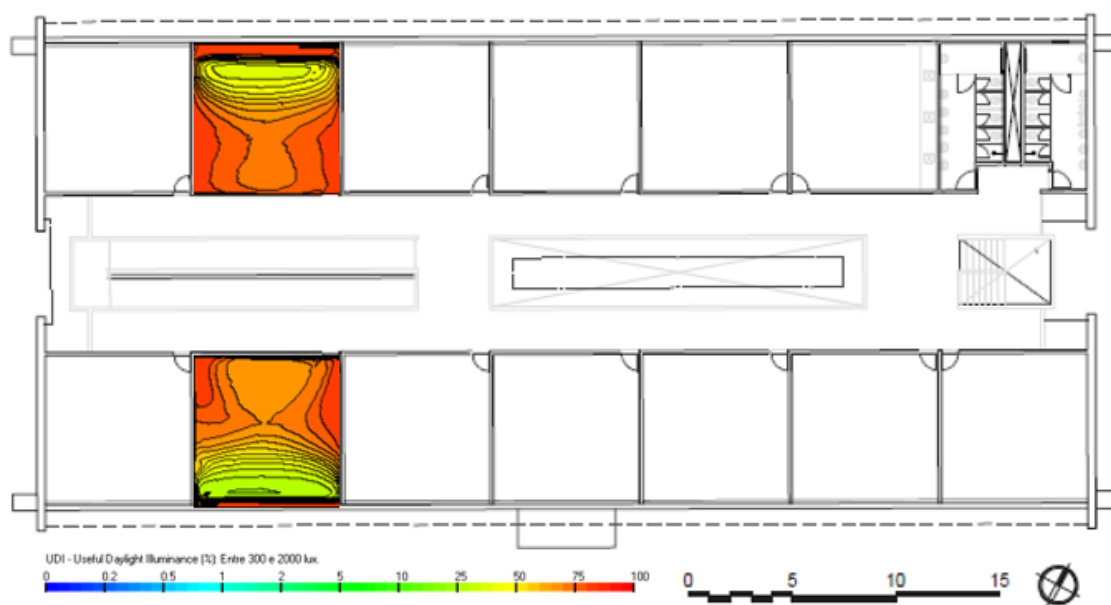
21. Gráfico Iluminância Escola C-inicial



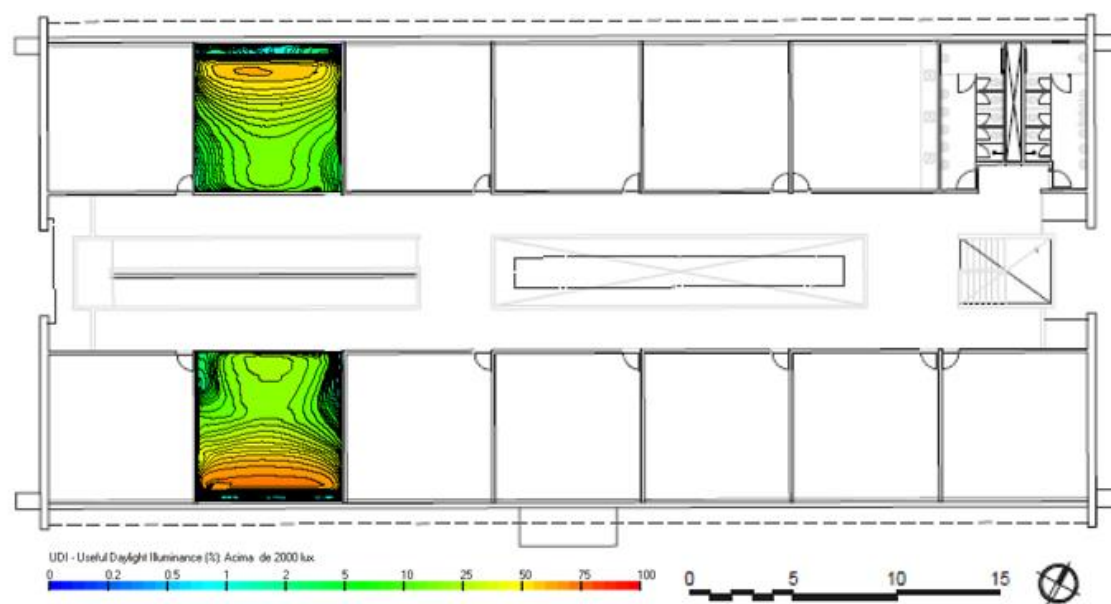
22. Gráfico UDI 150-300 Escola C-inicial



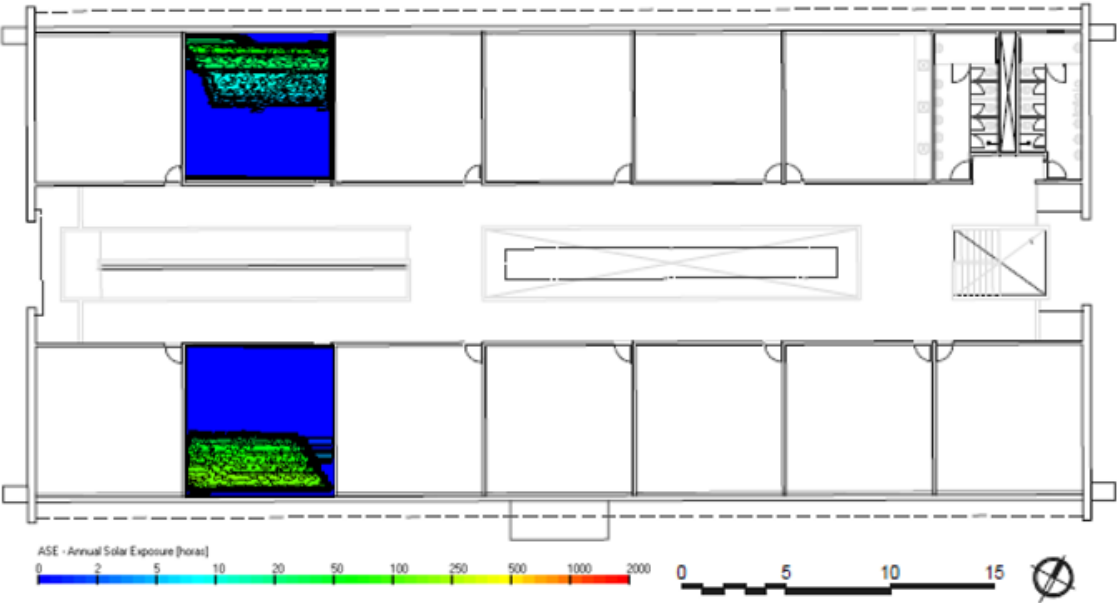
23. Gráfico UDI 300-2000 Escola C-inicial



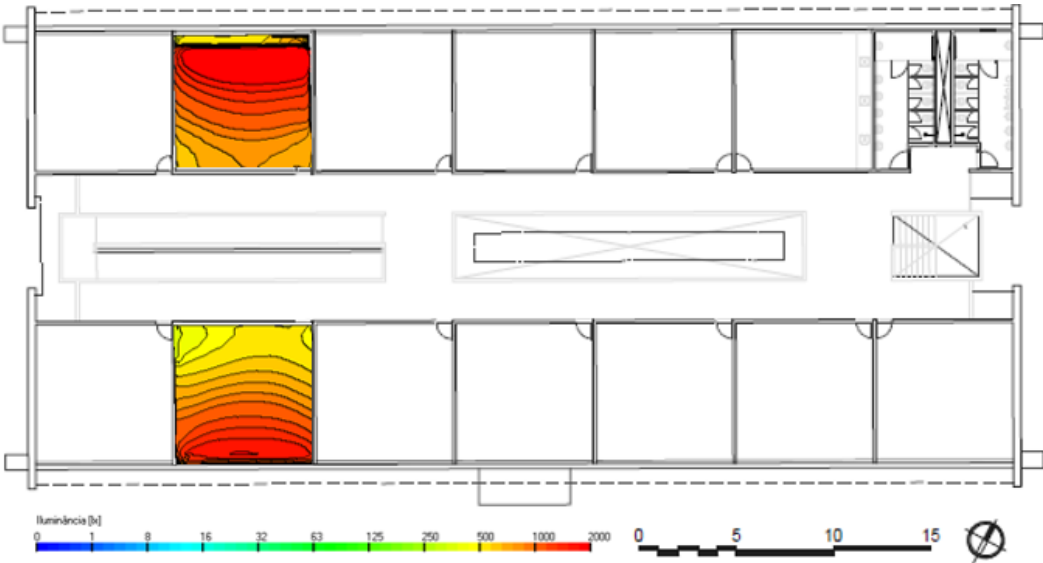
24. Gráfico UDI acima 2000 Escola C-inicial



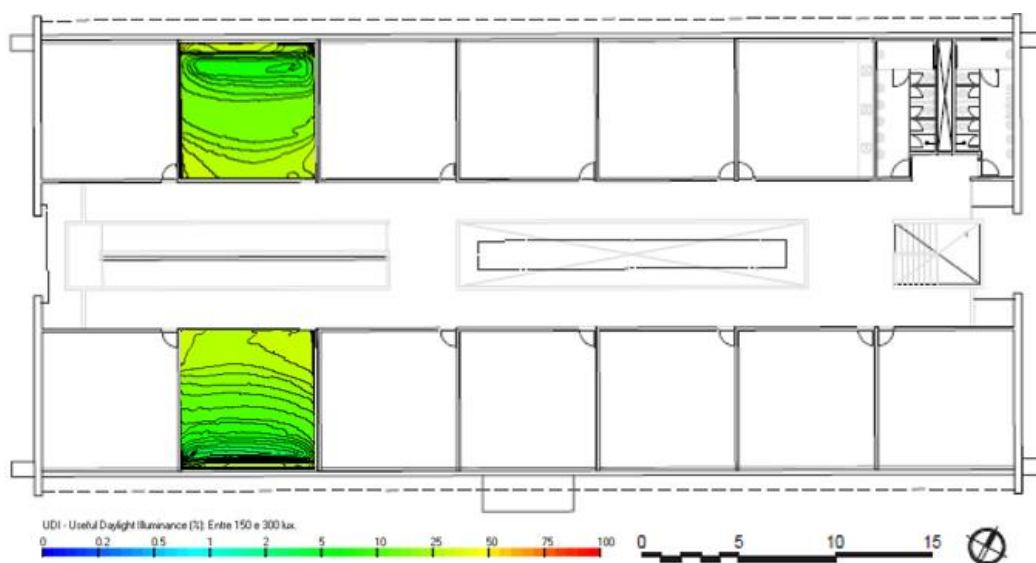
25. Gráfico ASE Escola C-inicial



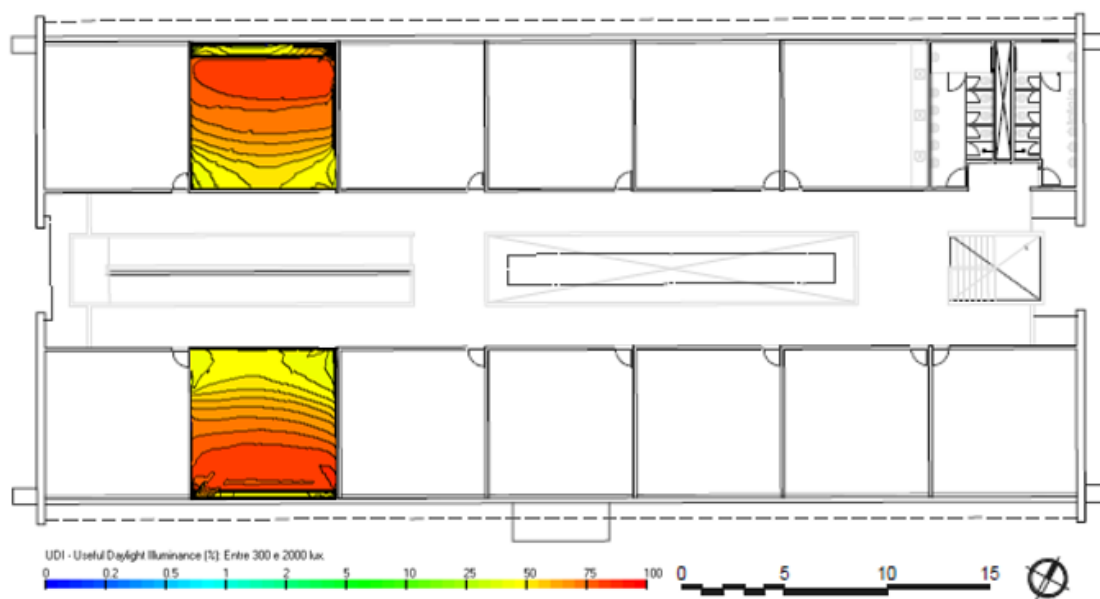
26. Gráfico Iluminância Escola C-atual



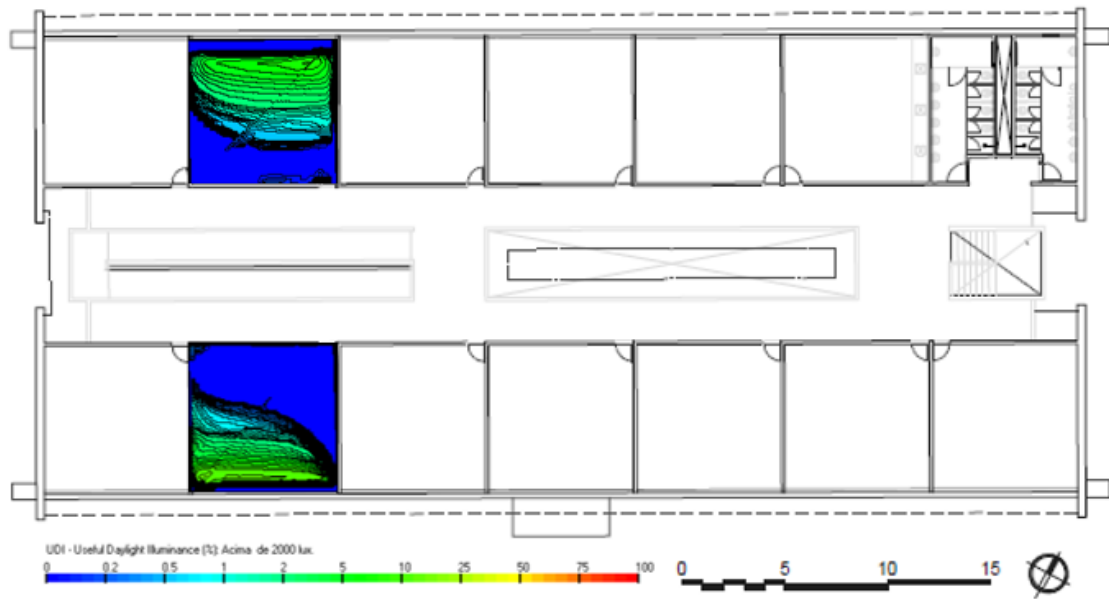
27. Gráfico UDI 150-300 Escola C-atual



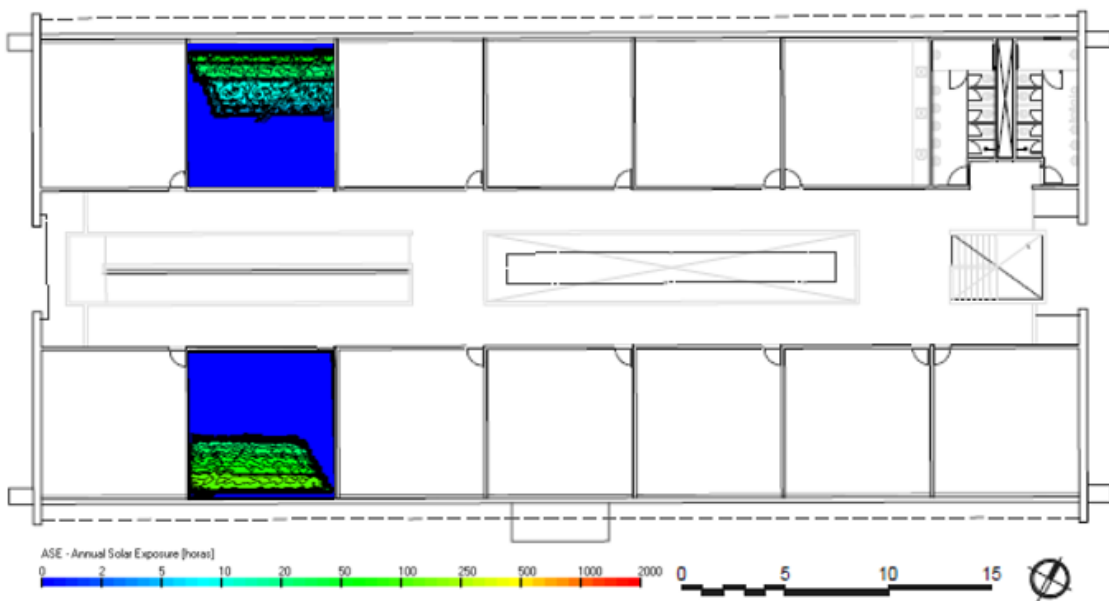
28. Gráfico UDI 300-2000 Escola C-atual



29. Gráfico UDI acima 2000 Escola C-atual

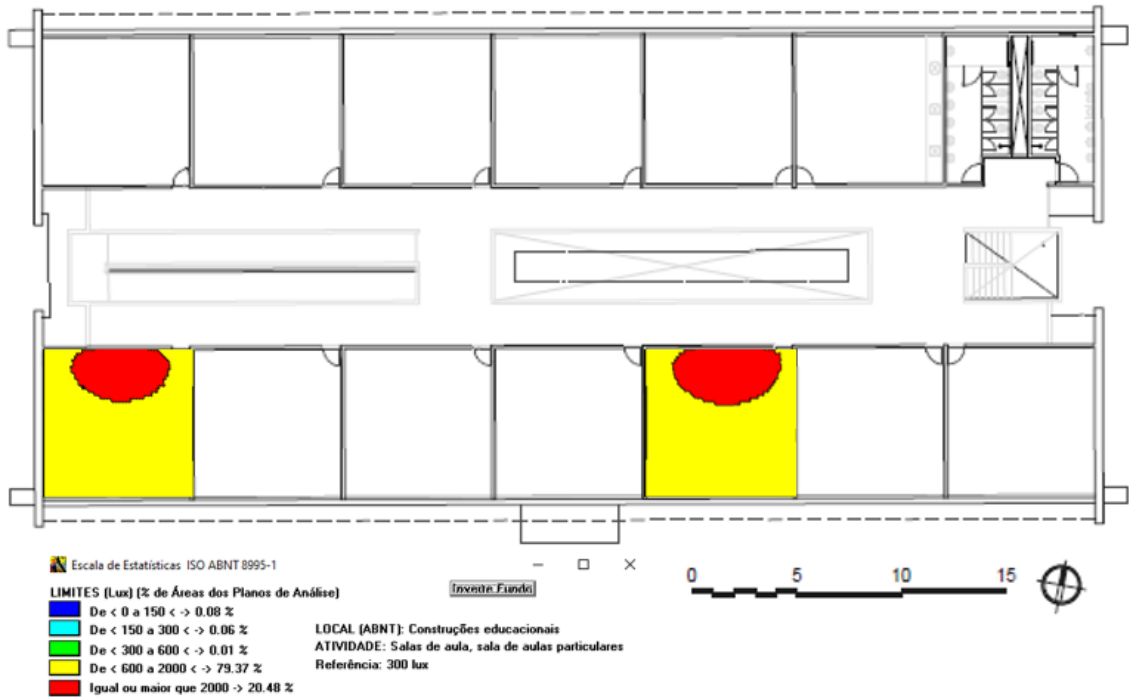


30. Gráfico ASE Escola C-atual

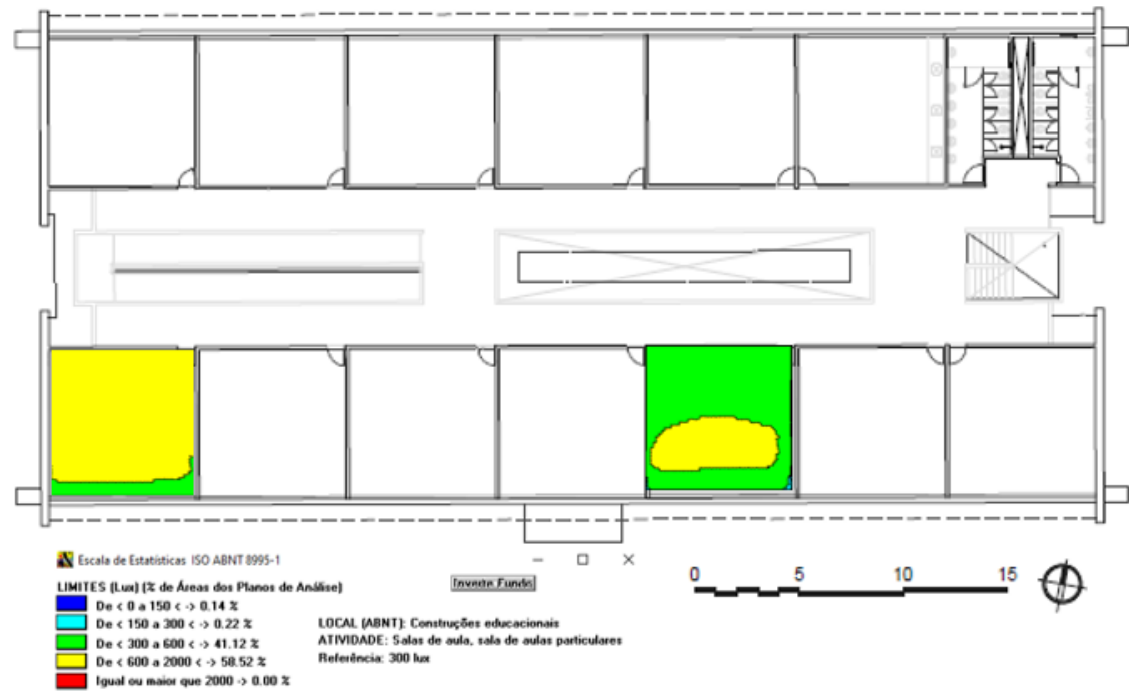


APÊNDICE B – GRÁFICOS SIMULAÇÕES ESTÁTICAS

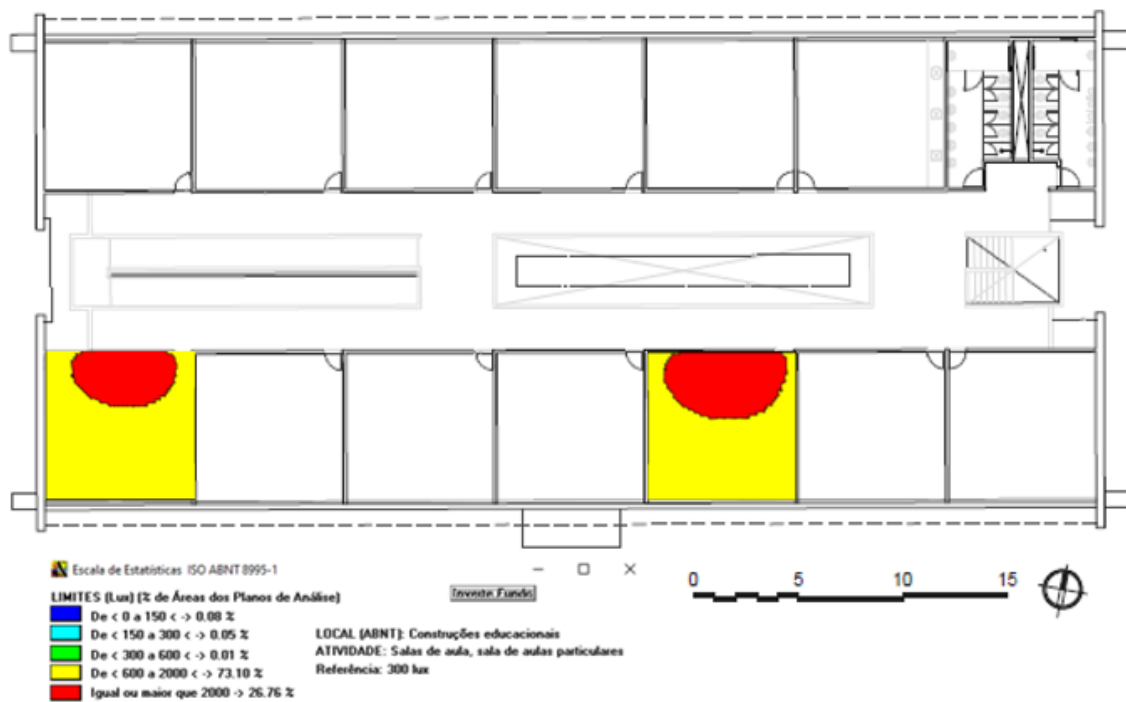
1. Gráfico de limites de iluminância A1M-inicial



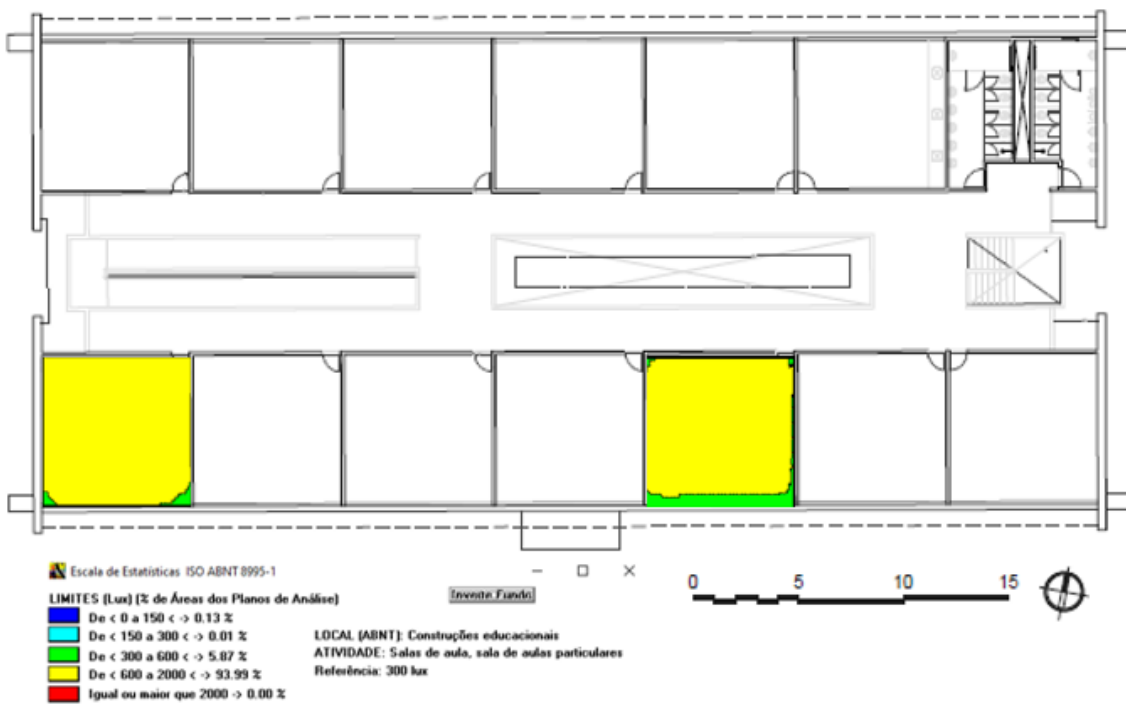
2. Gráfico de limites de iluminância A1Q-inicial



3. Gráfico de limites de iluminância A2M-inicial



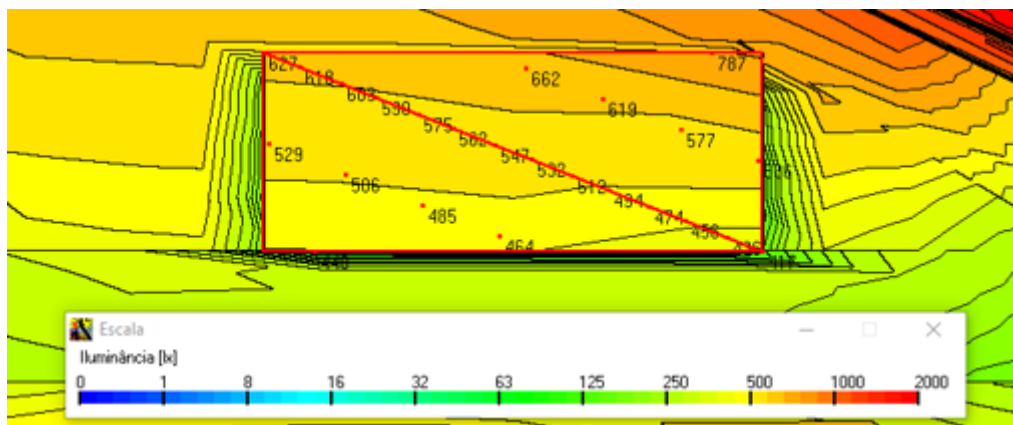
4. Gráfico de limites de iluminância A2Q-inicial



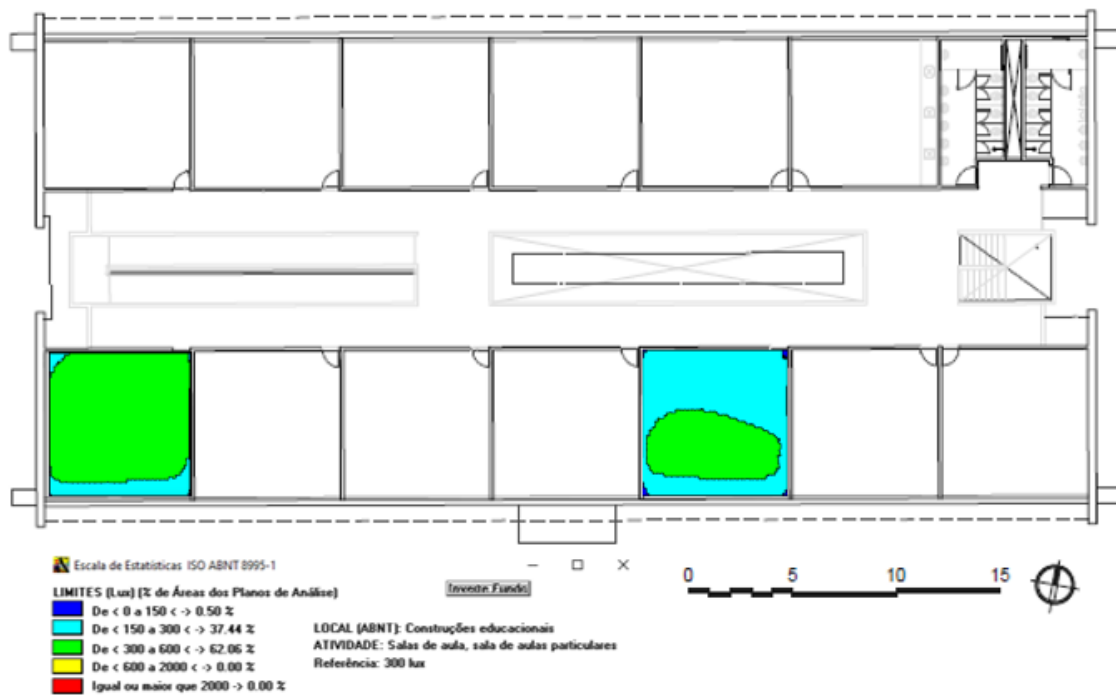
5. Gráfico de limites de iluminância A1M-atual



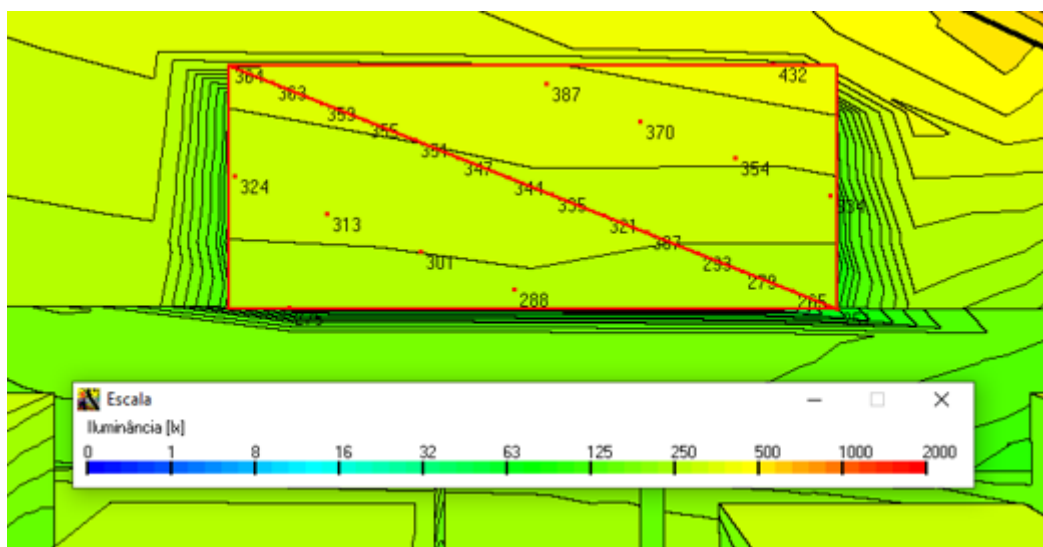
6. Iluminância no quadro A1M-atual



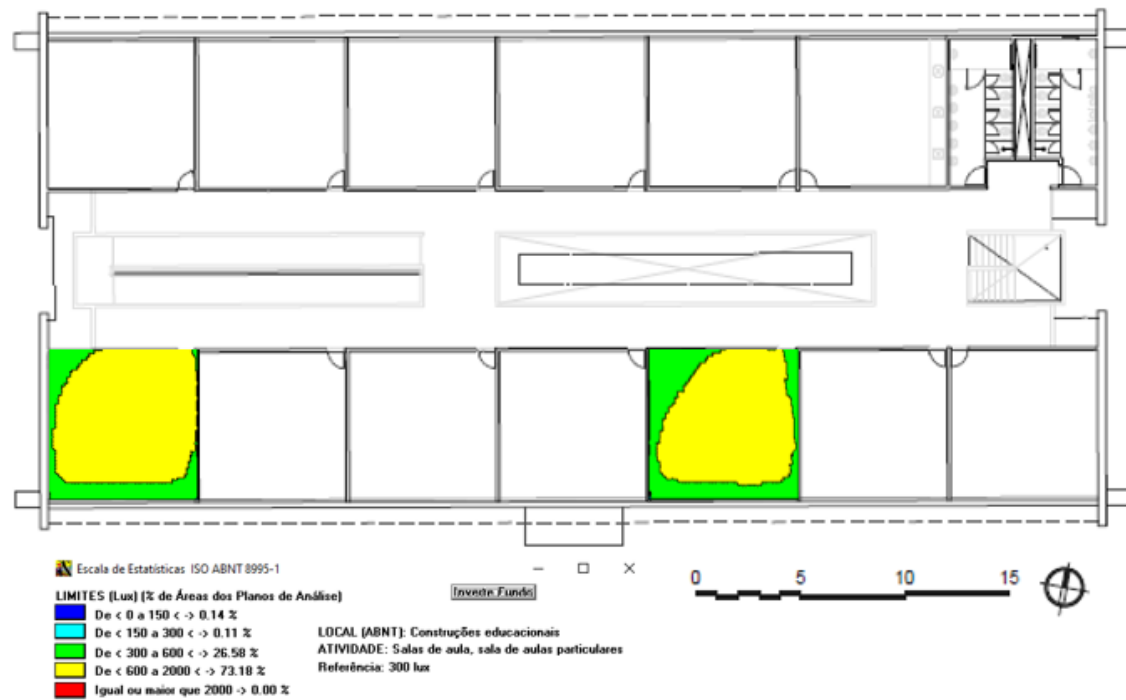
7. Gráfico de limites de iluminância A1Q-atual



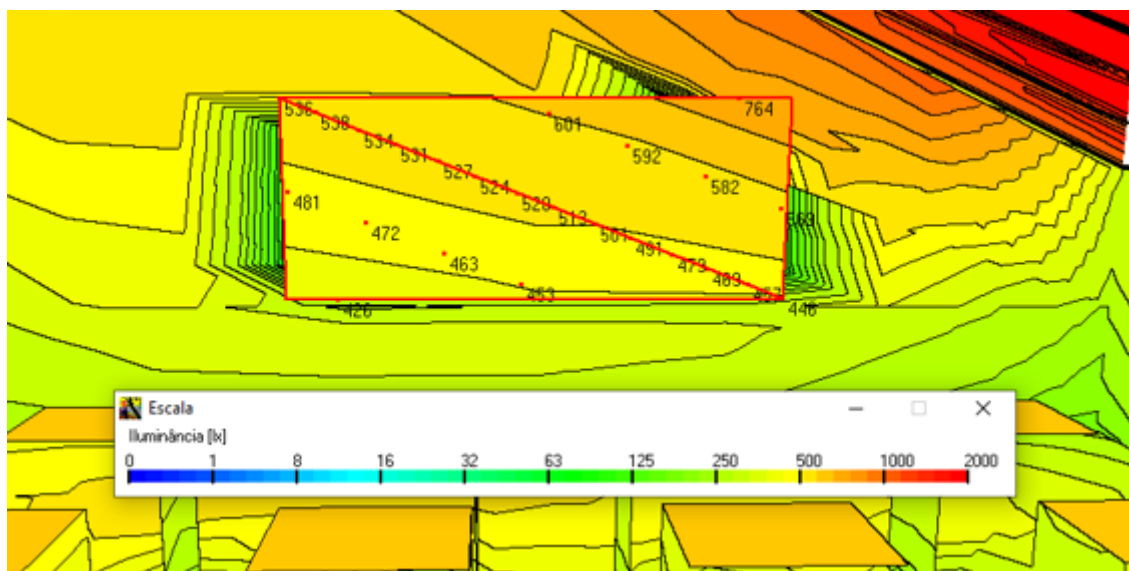
8. Iluminância no quadro A1Q-atual



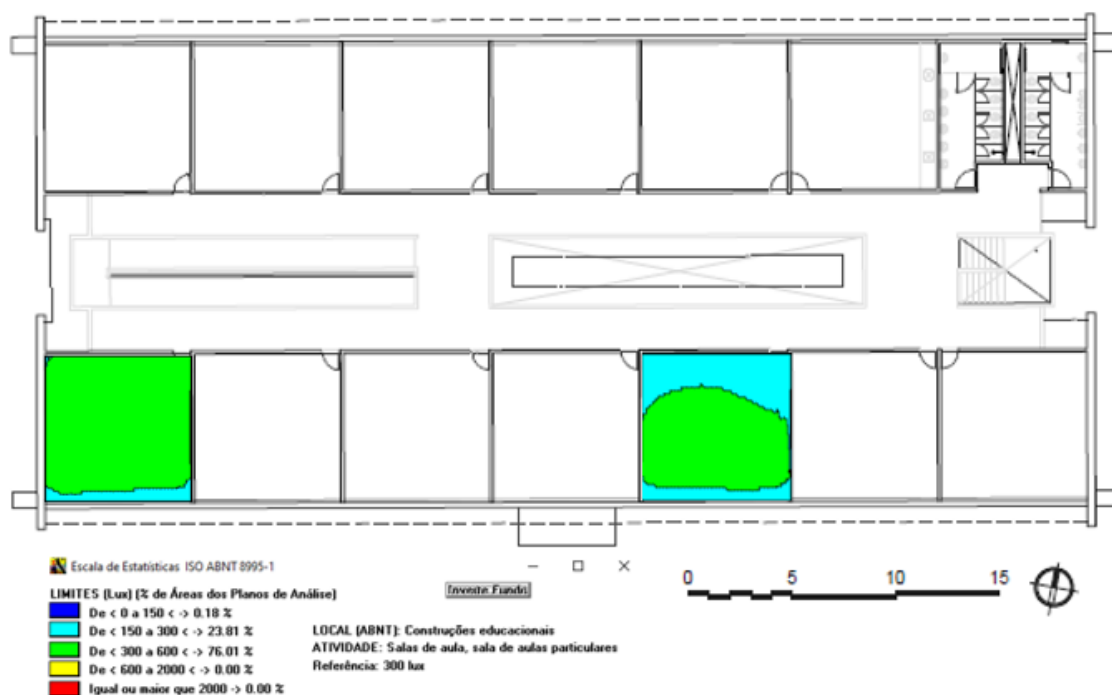
9. Gráfico de limites de iluminância A2M-atual



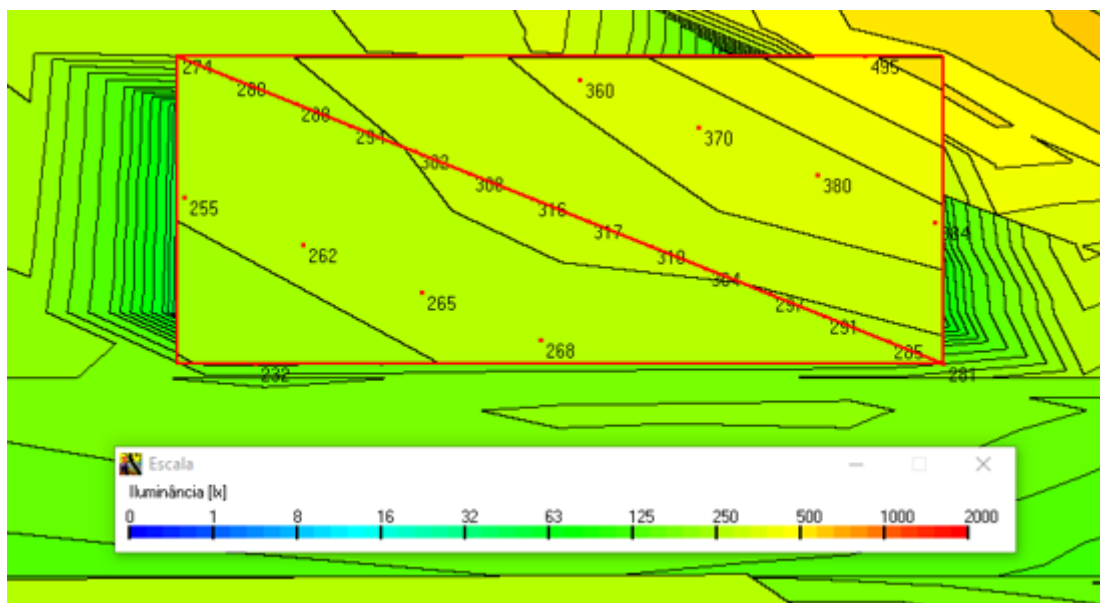
10. Iluminância no quadro A2M-atual



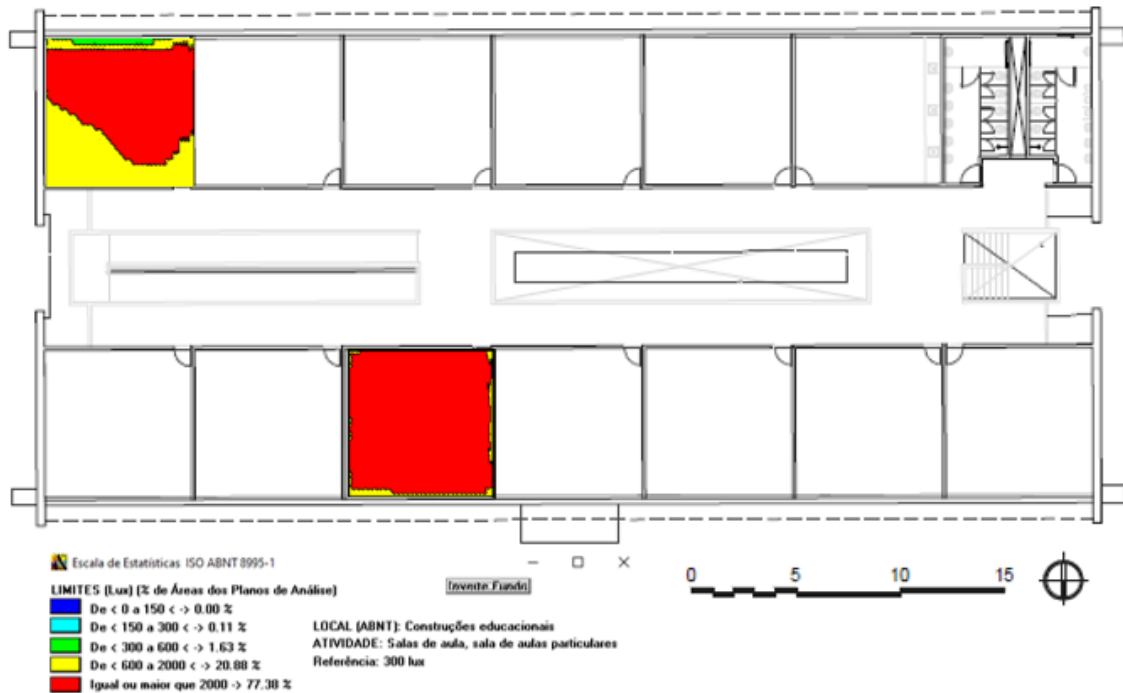
11. Gráfico de limites de iluminância A2Q-atual



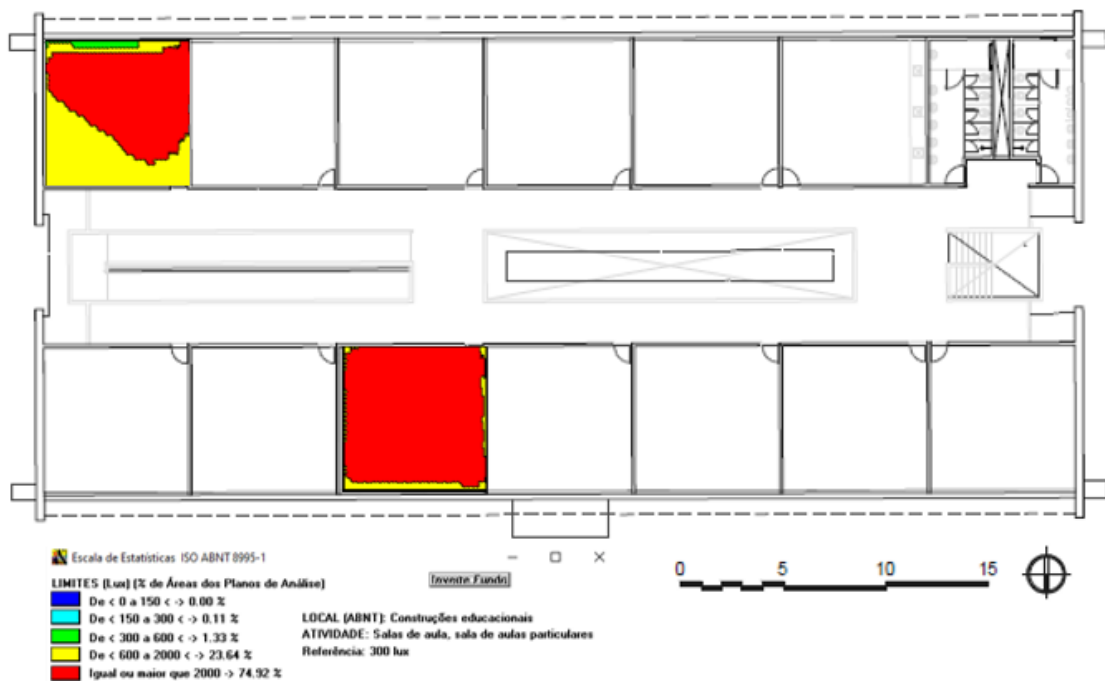
12. Iluminância no quadro A2Q-atual



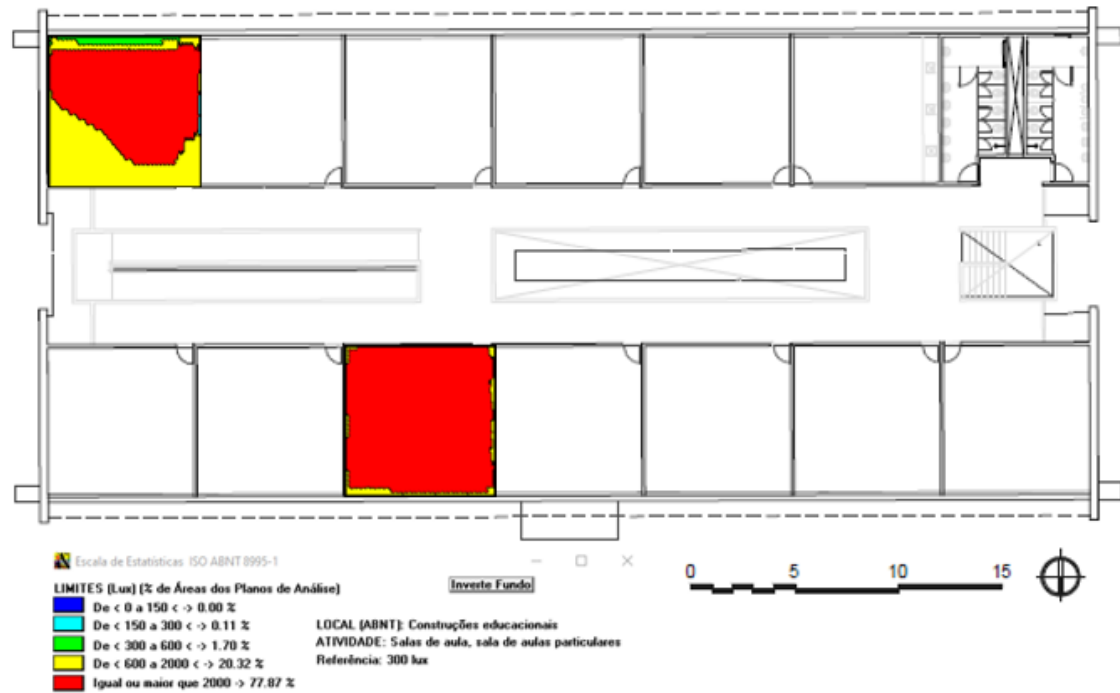
13. Gráfico de limites de iluminância B1M-inicial



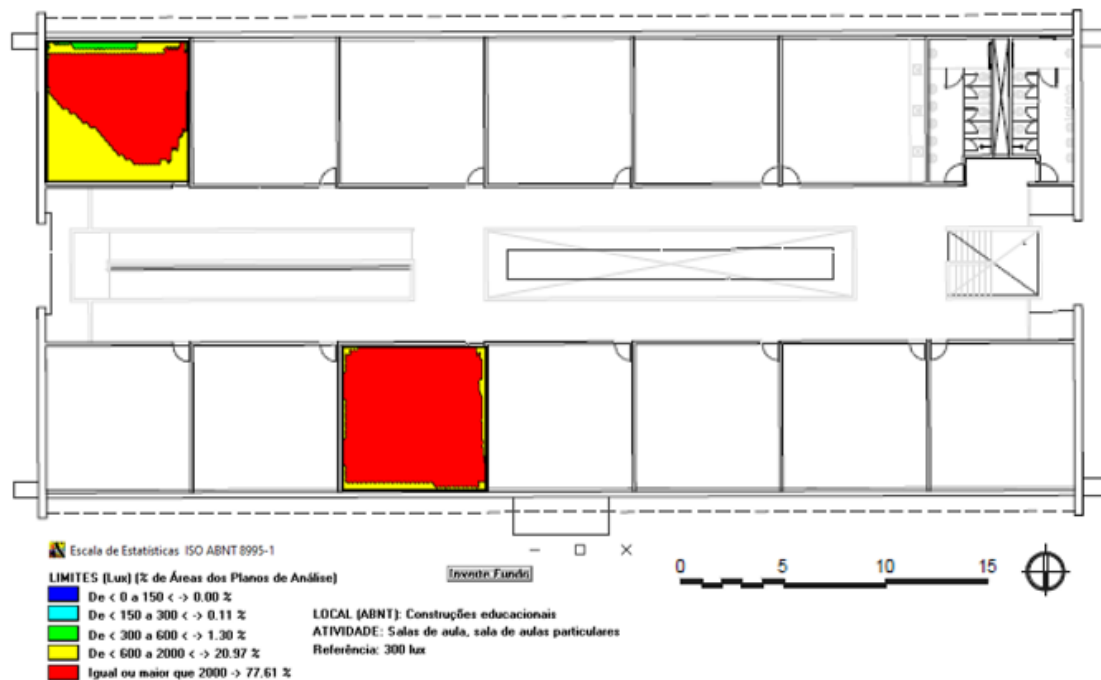
14. Gráfico de limites de iluminância B1Q-inicial



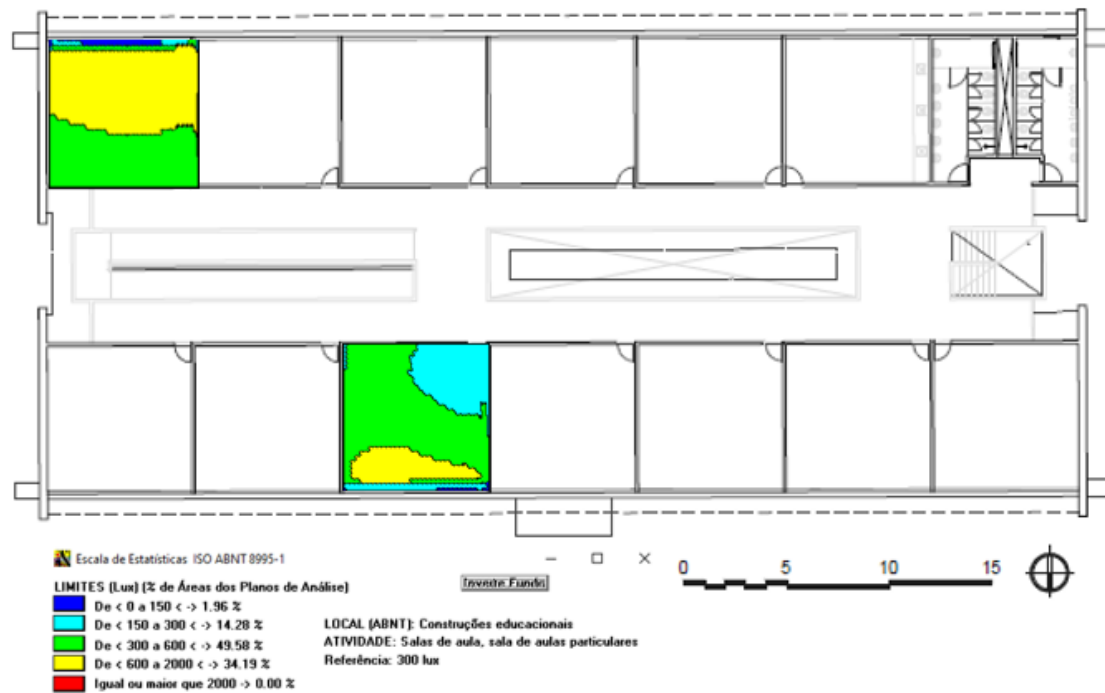
15. Gráfico de limites de iluminância B2M-inicial



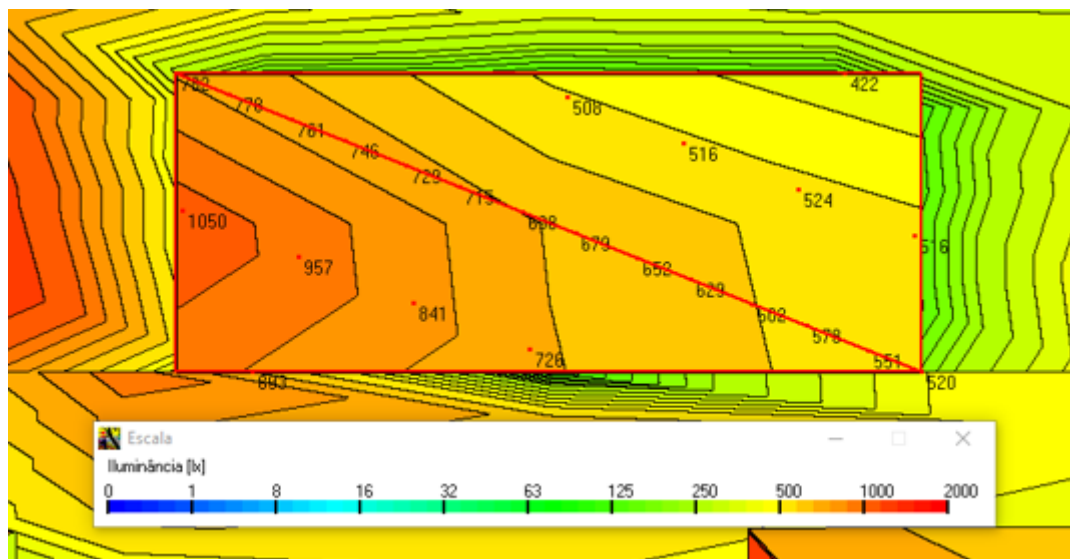
16. Gráfico de limites de iluminância B2Q-inicial



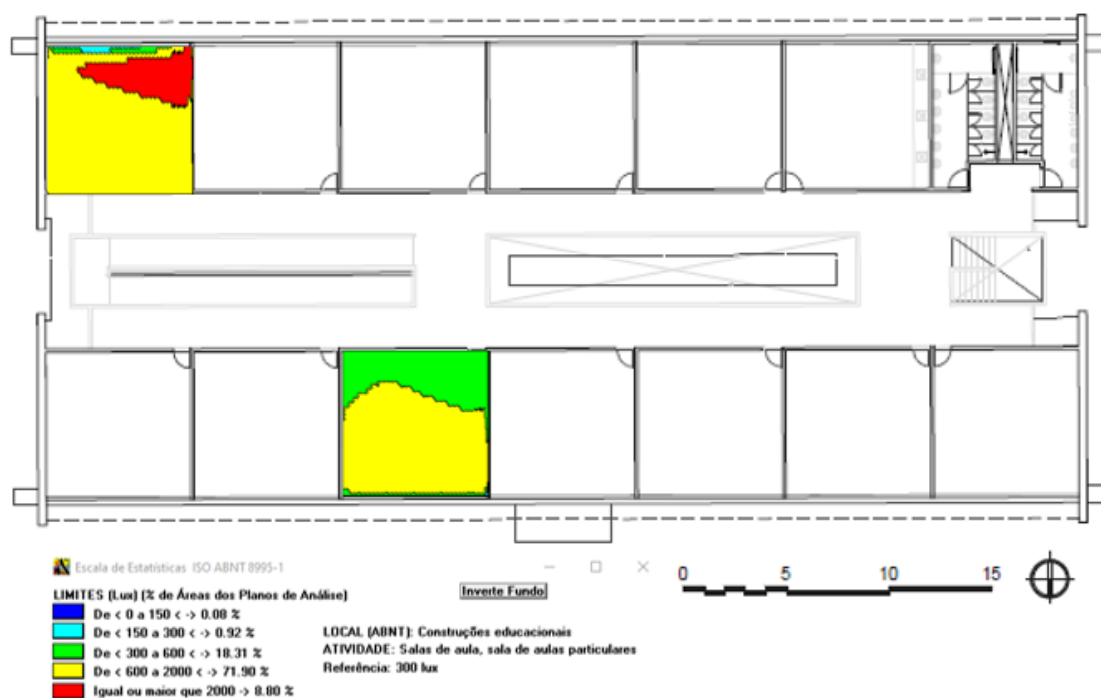
17. Gráfico de limites de iluminância B1M-atual



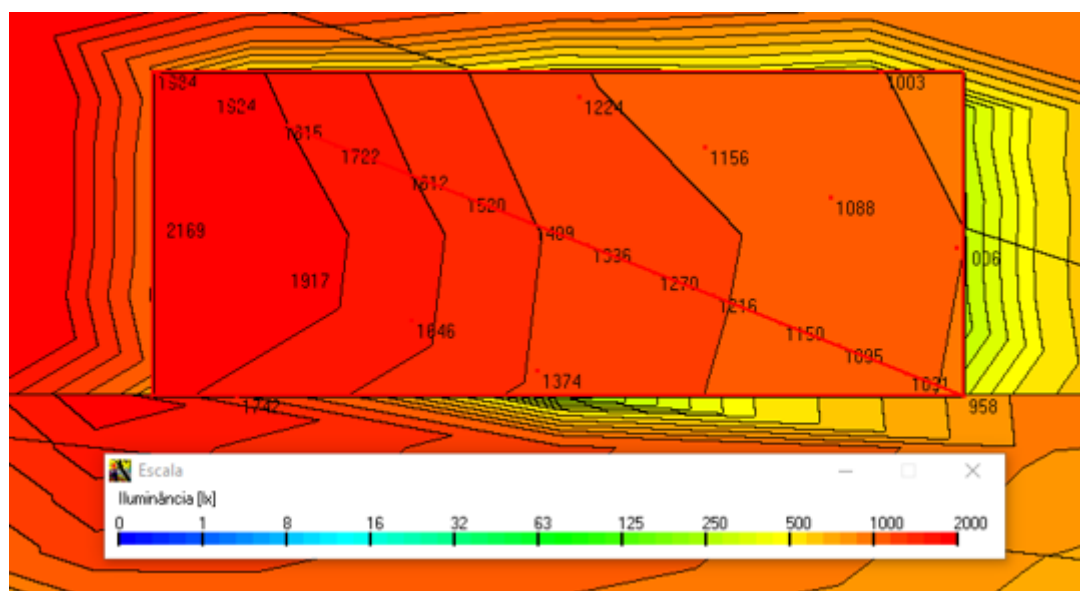
18. Iluminância no quadro B1M-atual



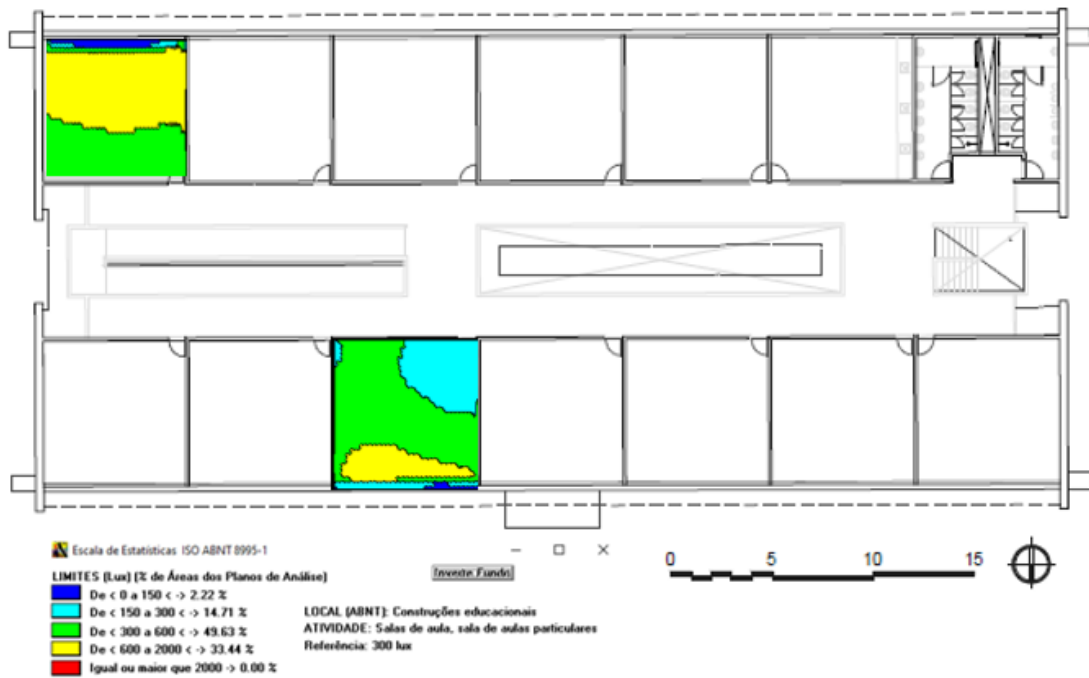
19. Gráfico de limites de iluminância B1Q-atual



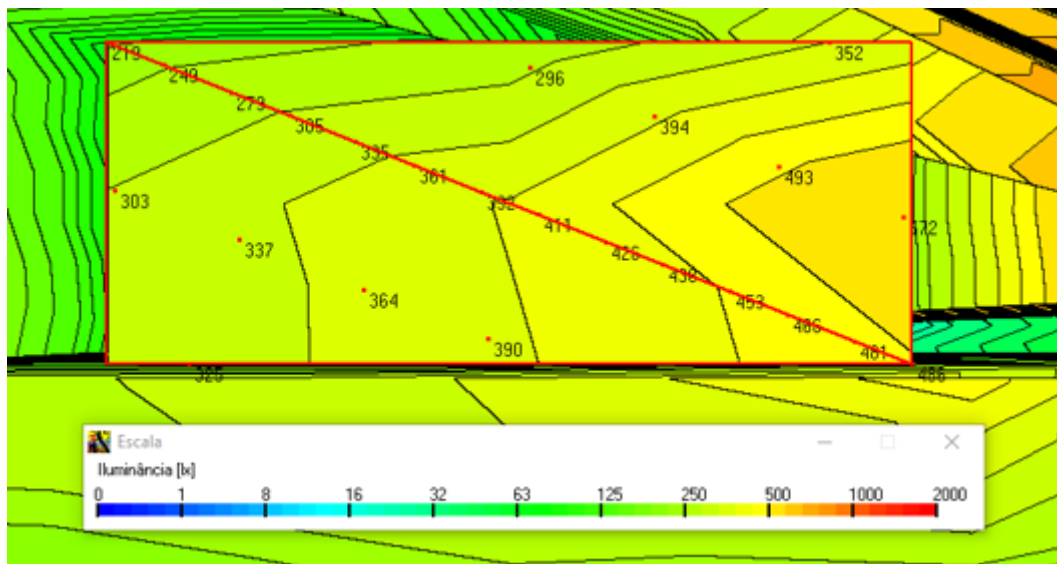
20. Iluminância no quadro B1Q-atual



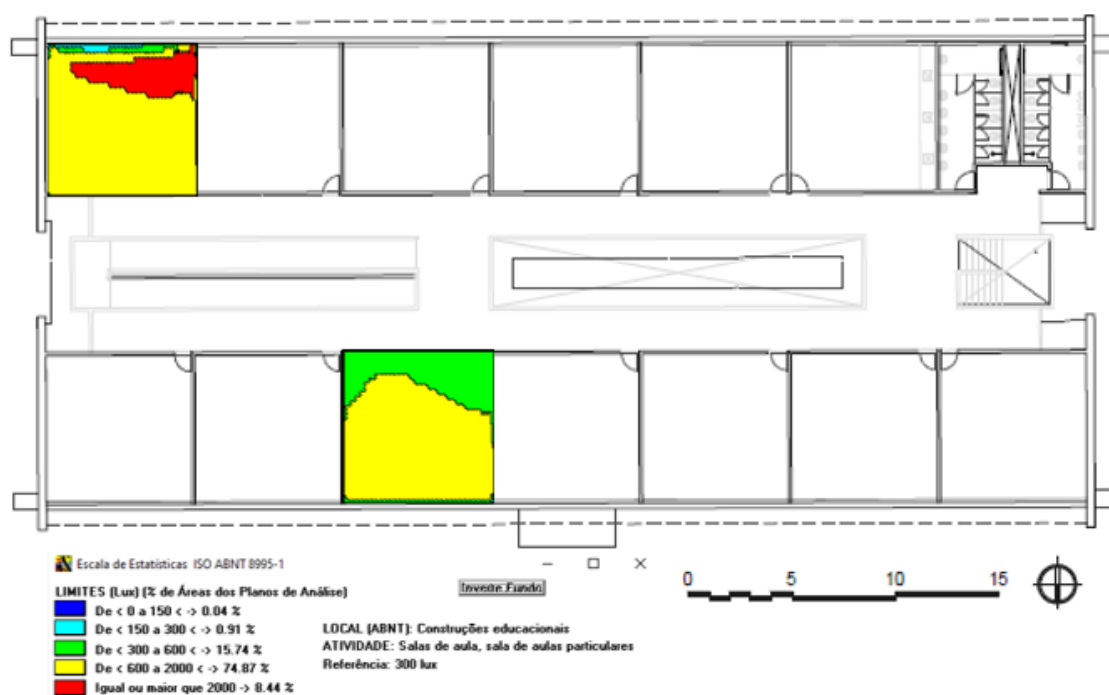
21. Gráfico de limites de iluminância B2M-atual



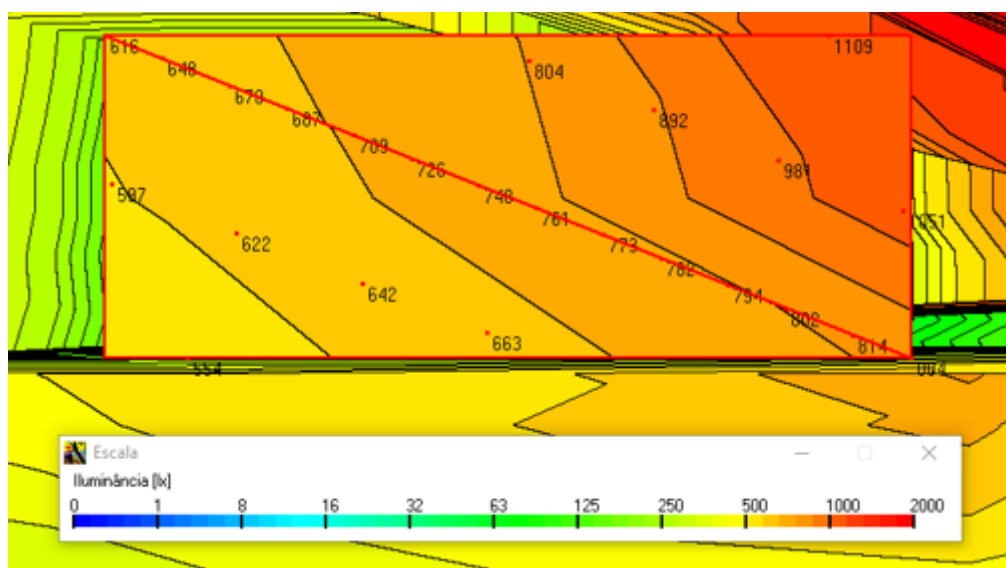
22. Iluminância no quadro B2M-atual



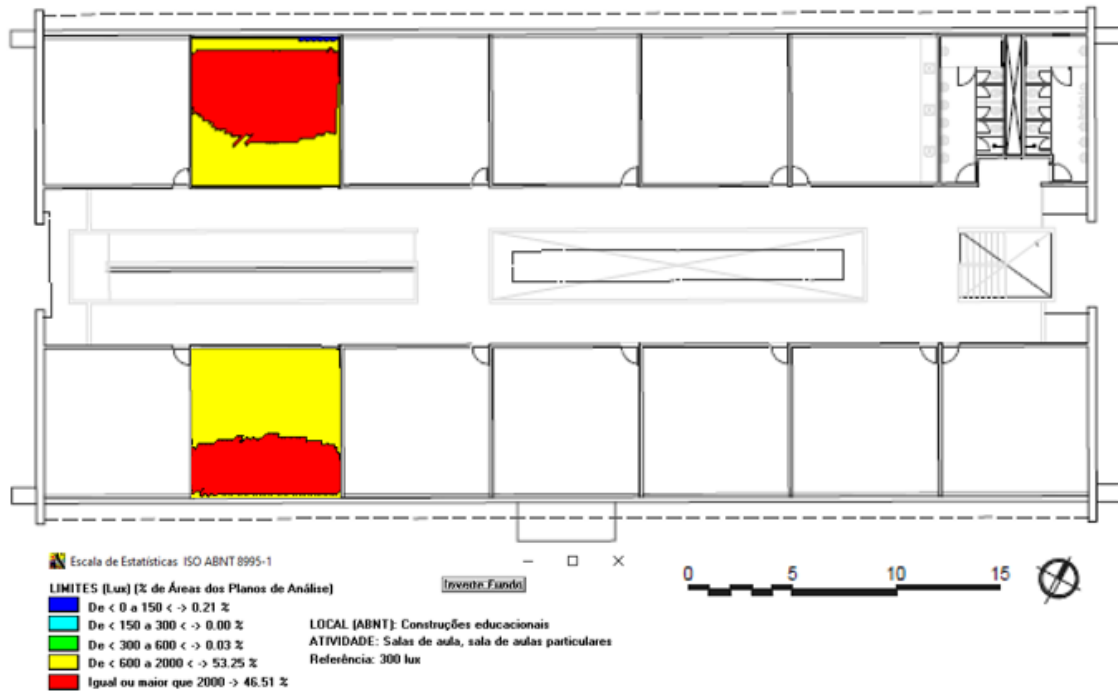
23. Gráfico de limites de iluminância B2Q-atual



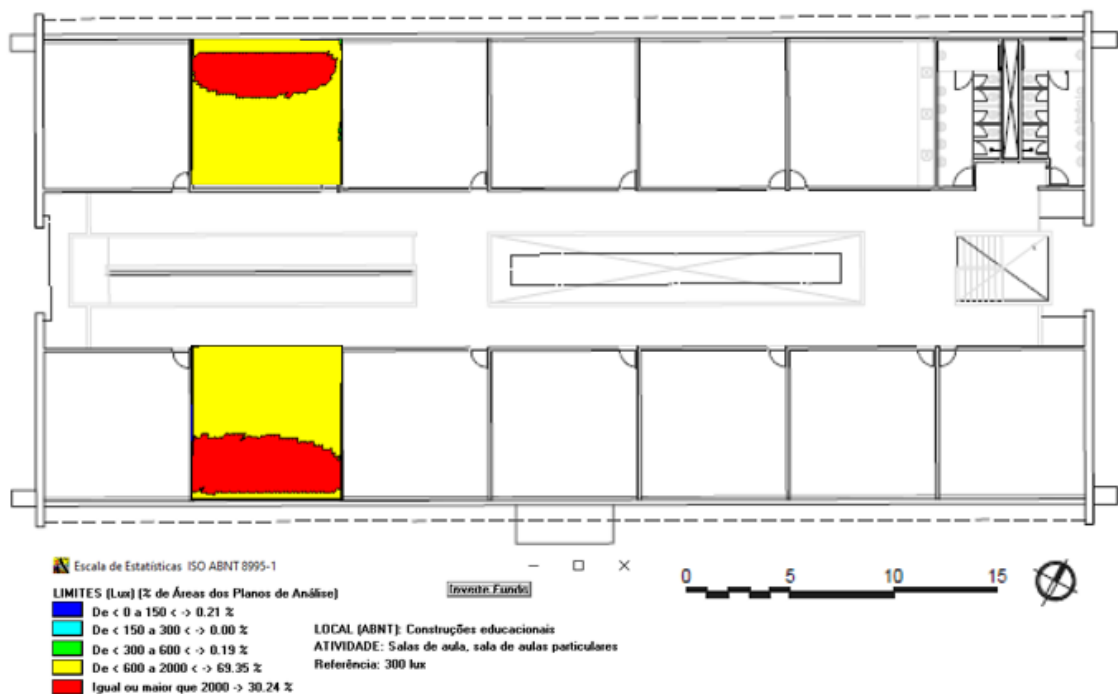
24. Iluminância no quadro B2Q-atual



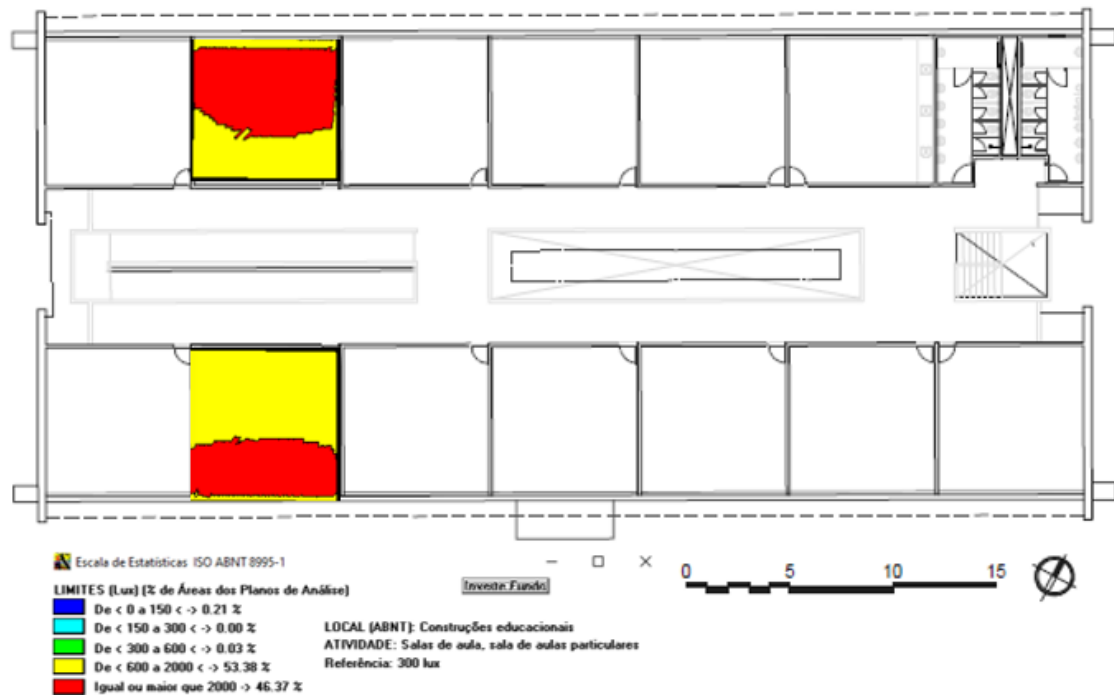
25. Gráfico de limites de iluminância C1M-inicial



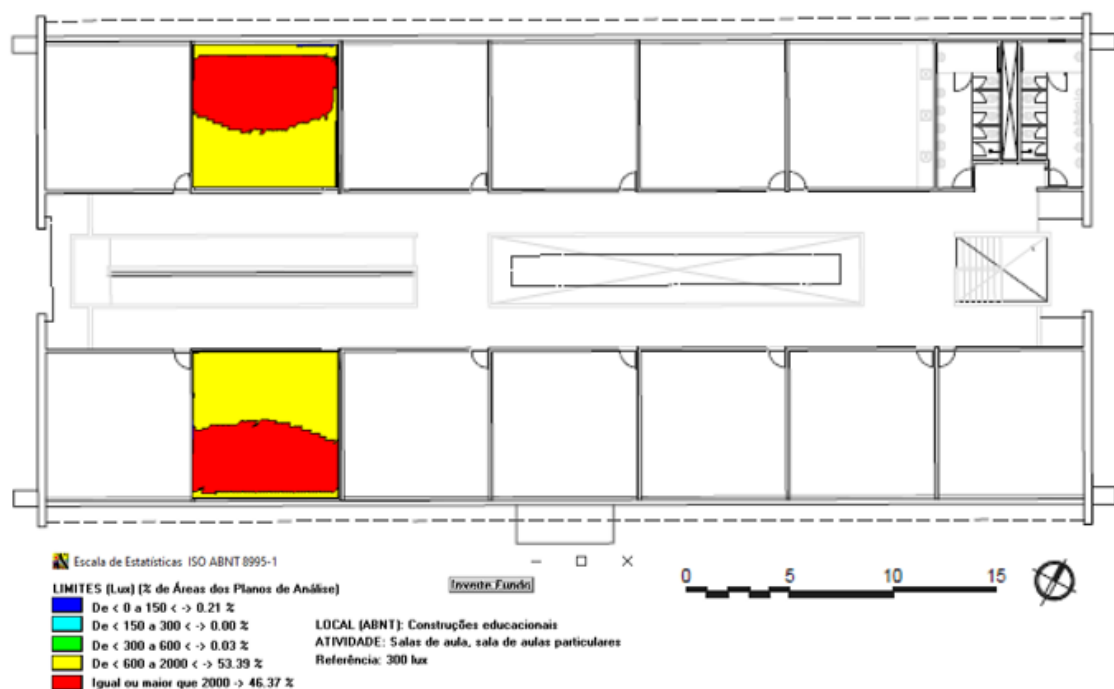
26. Gráfico de limites de iluminância C1Q-inicial



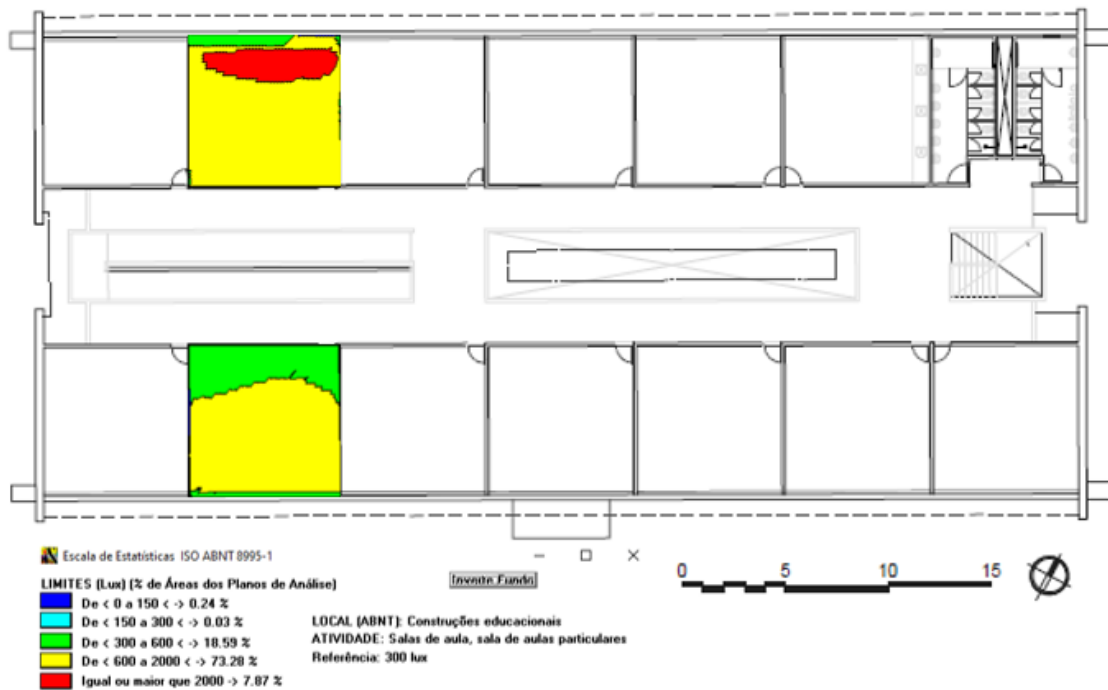
27. Gráfico de limites de iluminância C2M-inicial



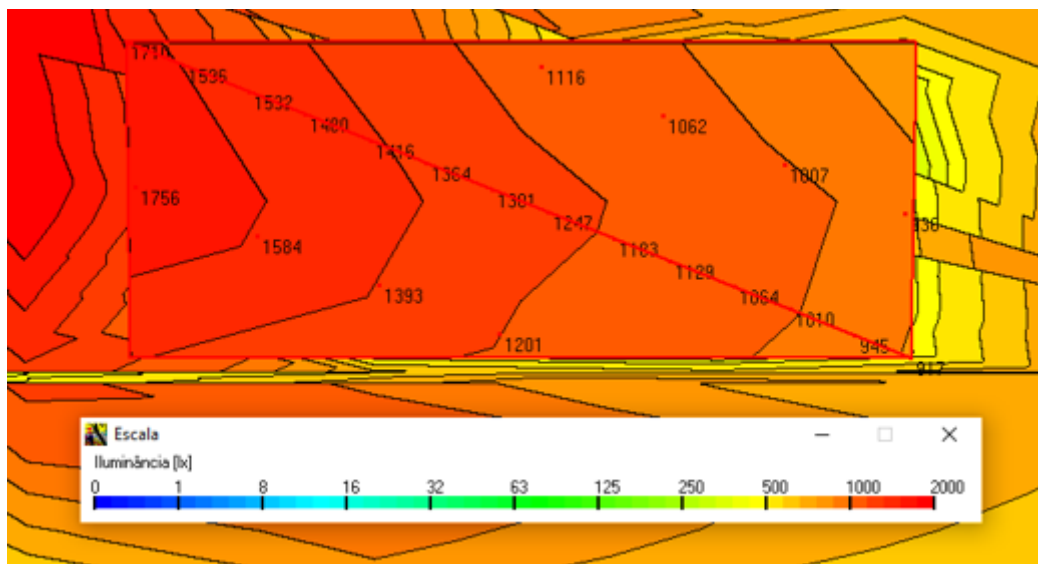
28. Gráfico de limites de iluminância C2Q-inicial



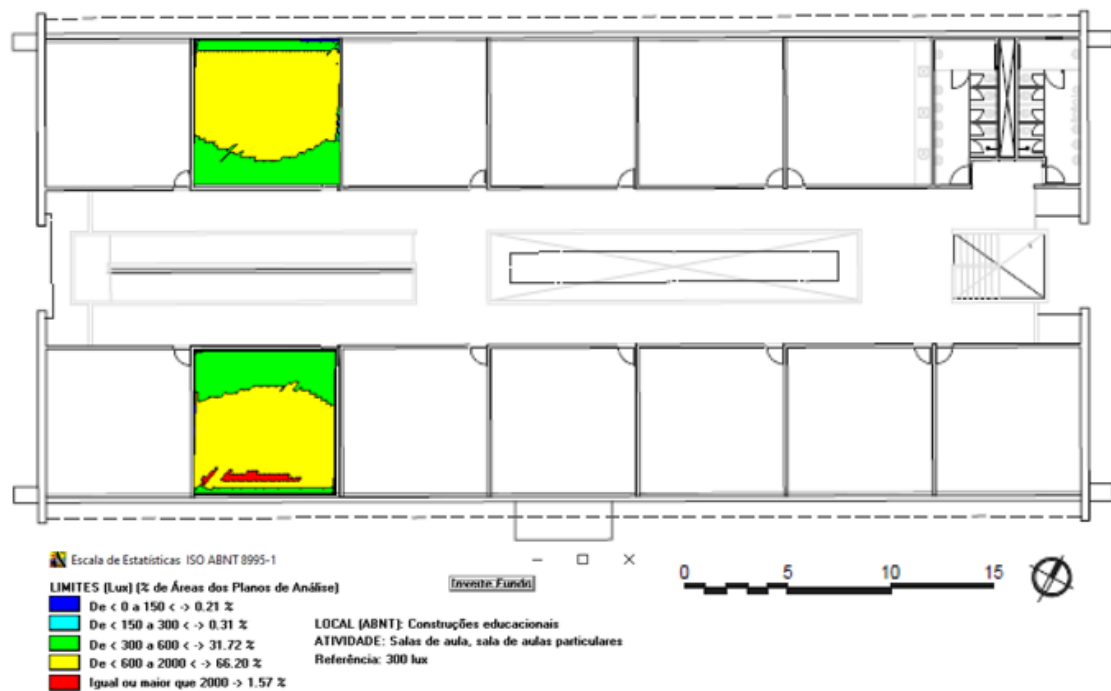
29. Gráfico de limites de iluminância C1M-atual



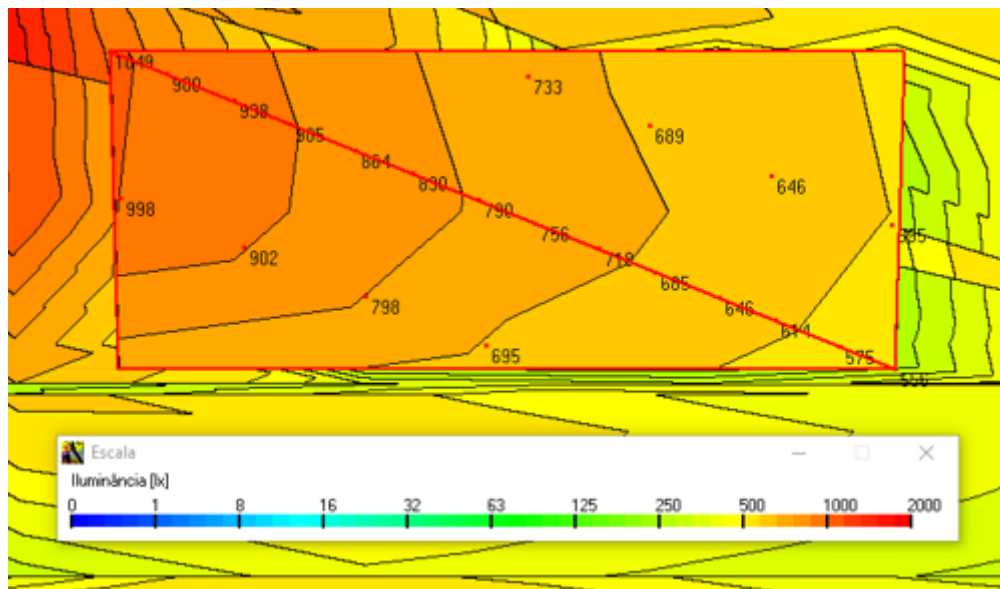
30. Iluminância no quadro C1M-atual



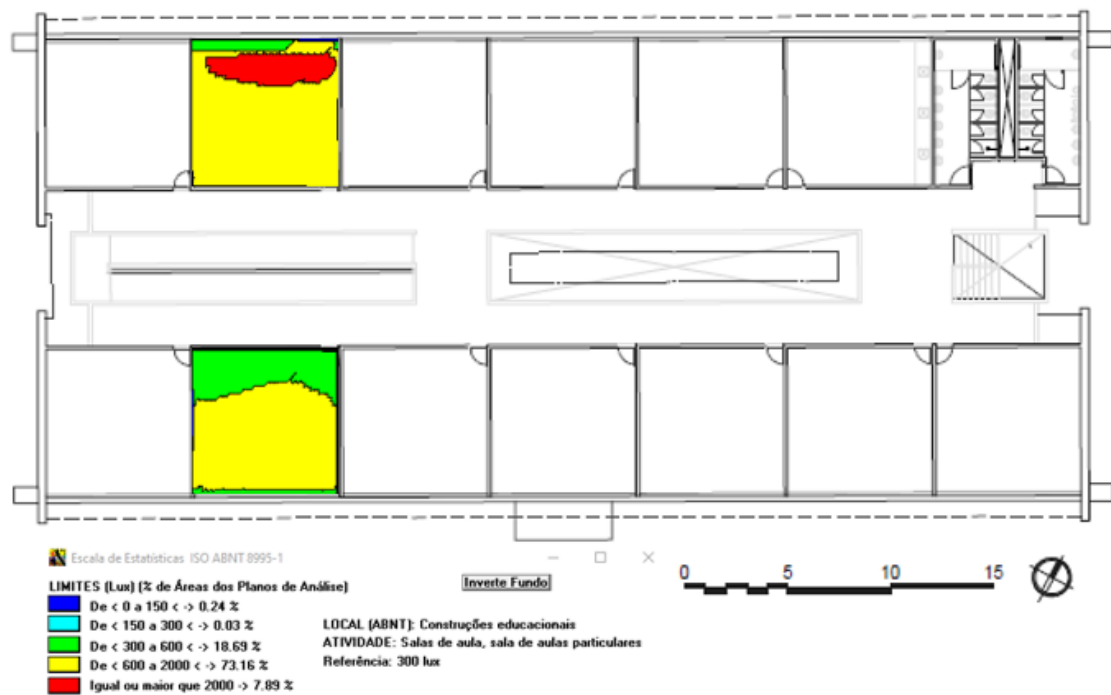
31. Gráfico de limites de iluminância C1Q-atual



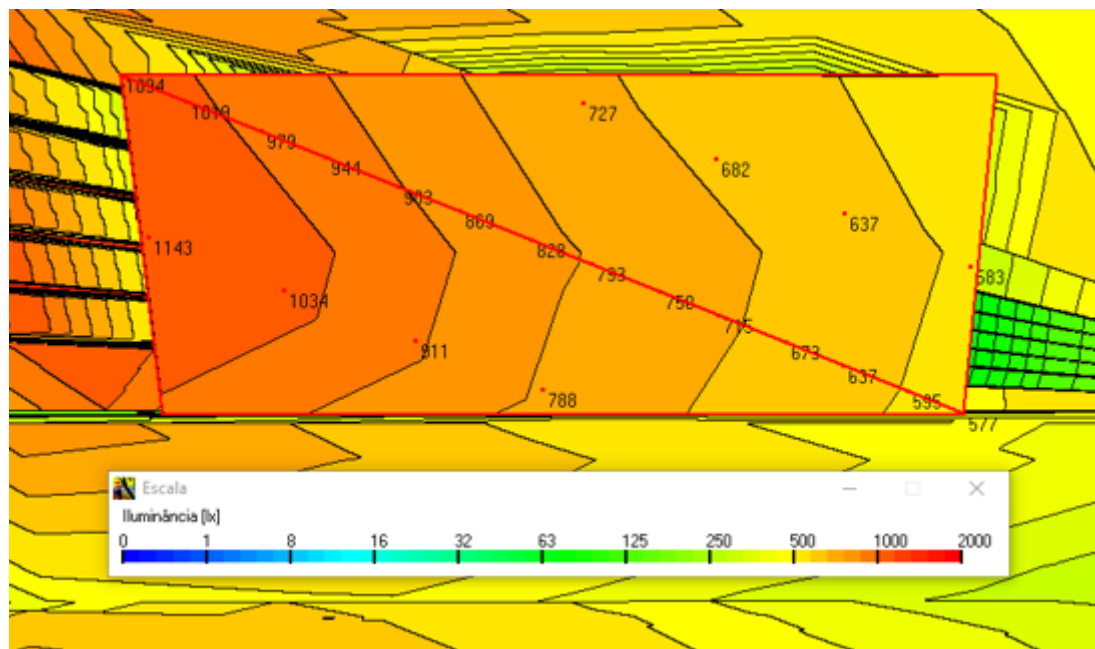
32. Iluminância no quadro C1Q-atual



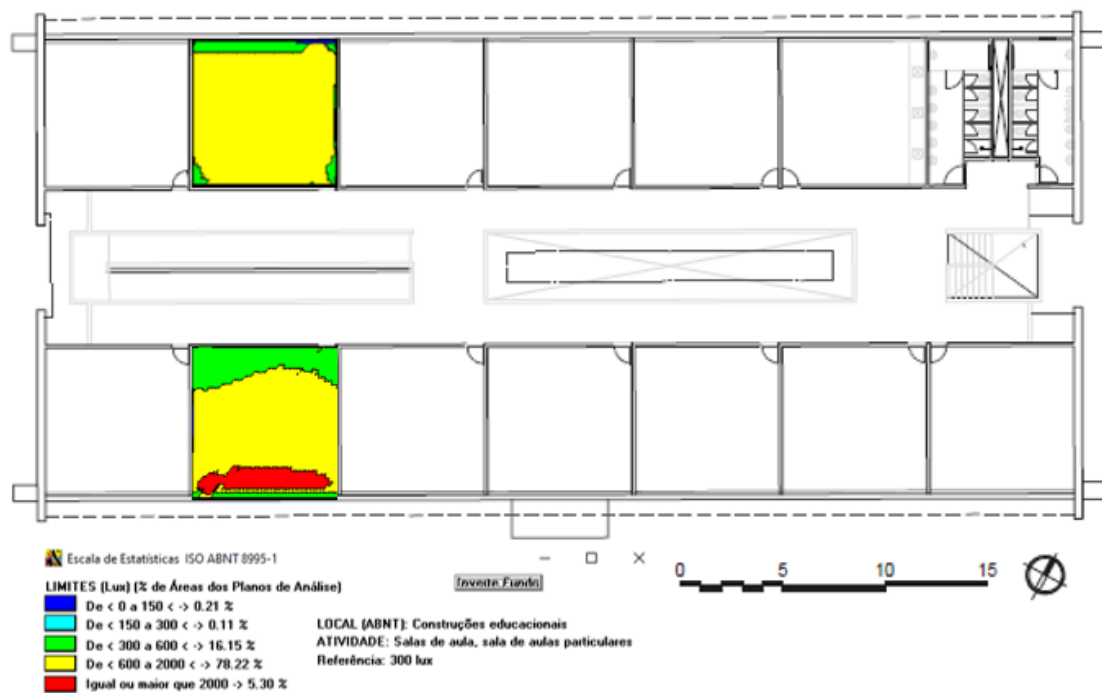
33. Gráfico de limites de iluminância C2M-atual



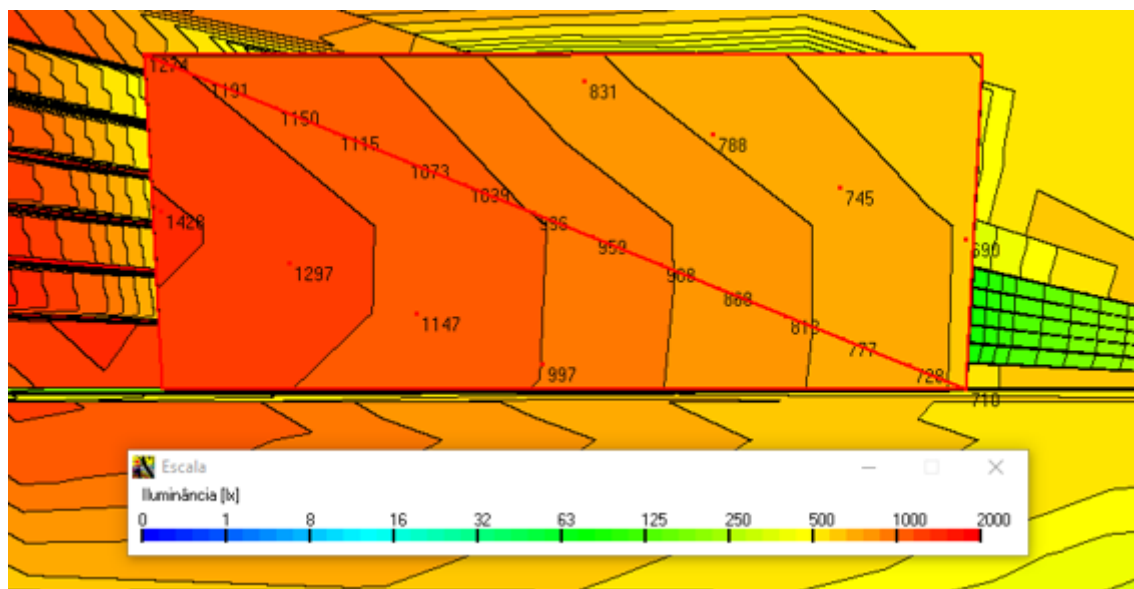
34. Iluminância no quadro C2M-atual



35. Gráfico de limites de iluminância C2Q-atual



36. Iluminância no quadro C2Q-atual



APÊNDICE C – DADOS ESTATÍSTICOS

1. Planilha Excel

Nomenclatura	Descrição
al	aluno
loc	localização
sx	Sexo
id	Idade
ocl	Usa óculos?
perc	Como você acha que a sua sala de aula é? (percepção)
pref	Como você gostaria que a sua sala de aula fosse? (preferência)
difxq	Você tem dificuldade de enxergar o quadro?
probq	Em algum momento você tem algum desses problemas?
difxm	Você tem dificuldade de enxergar um texto sobre a mesa?
probm	Em algum momento você tem algum desses problemas na sua mesa?
sint	Você sente algum desses sintomas após a aula?
frqsint	Com que frequência isso acontece?
dorcab	Se tem dor de cabeça
ofusamb	Se acha o ambiente claro e diz que prefere mais escuro
ofussolqua	Se diz que a luz do sol incide no quadro e acha o ambiente claro ou muito claro
ofusmesa	Se tem dificuldade de enxergar na mesa e acha o ambiente claro ou muito claro
ofussolcar	Se diz que a luz do sol incide sobre a carteira e acha o ambiente claro ou muito claro
ofussalaqua	Se diz que a luz da sala incide no quadro e acha o ambiente claro ou muito claro
LP	<i>In loco</i> Plano
SMP	Simulação Medições Plano
SQP	Simulação Questionários Plano
SMQ	Simulação Medições Quadro
SQQ	Simulação Questionários Quadro
MFxE	Medições Foco x Ergo
MExP	Medições Ergo x Pan
QFxE	Questionários Foco x Ergo
QExP	Questionários Ergo x Pan

Nomenclatura	Escala
al	
loc	0 - distante da janela; M - meio da sala; P - próximo da janela
sx	0 - Masculino; 1 - Feminino
id	0 - Não respondeu; 9 a 14
ocl	0 - Não; 1 - Sim
perc	1 - Muito clara; 2 - Clara; 3 - Escura; 4 - Muito escura
pref	1 - Mais clara; 2 - Um pouco mais clara; 3 - Assim mesmo; 4 - Um pouco mais escura; 5 - Bem mais escura
difxq	0 - Não; 1 - Sim; 2 - Não respondeu
probq	0 - Em nenhum momento; 1 - Bate sol no quadro; 2 - A luz da sala bate no quadro; 3 - A luz da sala é fraca; 4 - Não enxergo bem de longe; 5 - Duas ou mais opções
difxm	0 - Não; 1 - Sim
probm	0 - Em nenhum momento; 1 - Bate sol na minha carteira; 2 - Não enxergo bem as letras pequenas; 3 - A luz da sala é fraca; 4 - Duas ou mais opções
sint	0 - Nenhum; 1 - Dor de cabeça; 2 - Dor nos olhos; 3 - Coceira nos olhos; 4 - Olhos secos ou lacrimejando; 5 - Enjoo; 6 - Duas ou mais opções
frqsint	0 - Nenhuma; 1 - Todo dia; 2 - Algumas vezes na semana; 3 - Algumas vezes no mês
dorcab	0 - Não; 1 - Sim
ofusamb	0 - Não; 1 - Sim
ofussolqua	0 - Não; 1 - Sim
ofusmesa	0 - Não; 1 - Sim
ofussolcar	0 - Não; 1 - Sim
ofussalaqua	0 - Não; 1 - Sim
LP	lux
SMP	lux
SQP	lux
SMQ	lux
SQQ	lux
MFxE	
MExP	
QFxE	
QExP	

CL1	M1	0	9	0	1	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	244.2	1067	623.5	1267.7	771	0.04	-0.05	0.03	-0.07		
CL2	M2	0	10	0	1	2	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	1041.5	1041.5	644.5	1267.7	771	0.13	-0.2	0.1	-0.23		
CL3	M2	0	11	1	2	2	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	212.63	1041.5	644.5	1267.7	771	0.13	-0.21	0.11	-0.23		
CL10	M1	0	12	0	2	3	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	244.2	1067	623.5	1267.7	771	0.04	-0.05	0.03	-0.07		
CL11	M2	0	10	0	2	4	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	0	212.63	1041.5	644.5	1267.7	771	0.13	-0.21	0.11	-0.23	
CL12	M2	1	10	1	3	2	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	212.63	1041.5	644.5	1267.7	771	0.13	-0.21	0.11	-0.23		
CL13	M3	1	10	0	2	3	1	4	1	2	6	0	0	0	1	0	187.55	895.5	606.5	1267.7	771	0.14	-0.18	0.12	-0.22		
CL14	M3	1	11	2	3	4	1	5	1	2	6	0	0	0	0	0	258.62	2227	1211	1267.7	771	0.08	-0.2	-0.15	-0.26		
CL15	P2	1	10	0	3	2	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	201.37	2170	1223.5	1267.7	771	-0.07	-0.11	-0.15	-0.12		
CL16	P2	1	11	1	2	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	201.37	2170	1223.5	1267.7	771	-0.07	-0.11	-0.15	-0.12		
CL17	P1	1	12	0	1	4	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	258.62	2227	1211	1267.7	771	-0.08	-0.22	-0.11	-0.26		
CL18	P2	1	10	0	2	4	0	1	0	0	6	0	2	1	0	0	201.37	2170	1223.5	1267.7	771	-0.07	-0.11	-0.15	-0.12		
C2.1	D1	0	9	0	2	2	1	1	0	0	1	1	3	0	1	1	0	350.25	444.5	525	812.77	978.36	-0.02	-0.16	-0.01	-0.14	
C2.2	D2	1	10	0	2	4	1	1	0	0	6	0	2	1	1	1	0	377.25	422.5	534.5	812.77	978.36	-0.04	-0.19	-0.02	-0.18	
C2.3	D3	0	10	0	2	4	1	1	5	0	1	1	2	0	1	0	0	377.25	422.5	534.5	812.77	978.36	-0.04	-0.19	-0.02	-0.18	
C2.4	D3	1	9	0	2	3	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	409.26	448.5	505.5	812.77	978.36	-0.03	-0.19	-0.01	-0.18	
C2.5	D1	0	10	1	2	5	1	1	1	1	6	0	1	1	1	1	0	350.25	444.5	525	812.77	978.36	-0.02	-0.16	-0.01	-0.14	
C2.6	D2	1	11	0	2	4	1	1	1	0	1	1	2	1	1	0	0	377.25	422.5	534.5	812.77	978.36	-0.04	-0.19	-0.02	-0.18	
C2.7	D3	0	10	0	2	4	1	5	1	1	6	0	1	1	0	1	0	409.26	448.5	505.5	812.77	978.36	-0.03	-0.19	-0.01	-0.18	
C2.8	M1	0	10	0	2	4	0	1	0	0	3	0	2	1	1	0	0	407.19	809	1004.5	812.77	978.36	0.1	-0.02	0.1	0	
C2.9	M3	0	10	0	2	4	0	1	0	0	3	0	2	1	0	0	0	104.34	636.5	413	978.36	0.13	-0.16	0.14	-0.14		
C2.10	M1	0	9	0	2	3	1	2	1	2	1	1	0	0	1	0	0	1	407.19	809	1004.5	812.77	978.36	0.1	-0.02	0.1	0
C2.11	M3	0	11	0	2	5	0	1	0	0	3	0	1	1	1	0	0	436.33	780	901.5	812.77	978.36	0.13	-0.27	0.15	-0.24	
C2.12	P1	0	9	0	2	3	0	0	0	0	3	0	2	0	1	0	0	412.18	1234.5	1583.5	812.77	978.36	0.02	-0.17	0.03	-0.12	
C2.13	P2	0	9	0	1	5	1	4	0	0	2	6	0	2	1	0	0	355.36	1266	1586.5	812.77	978.36	0.12	-0.26	0.14	-0.23	
C2.14	P3	0	9	0	4	2	1	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0	421.09	1181	1417.5	812.77	978.36	0.13	-0.25	0.17	-0.24	
C2.15	P1	0	10	1	2	2	0	1	1	2	6	0	1	0	0	0	0	412.18	1234.5	1583.5	812.77	978.36	0.02	-0.17	0.03	-0.12	
C2.16	P2	0	9	0	1	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	355.36	1266	1586.5	812.77	978.36	0.12	-0.26	0.14	-0.23	
C2.17	P2	0	11	0	1	5	1	4	0	0	5	0	1	1	0	1	0	355.36	1266	1586.5	812.77	978.36	0.12	-0.26	0.14	-0.23	
C2.18	P3	0	10	0	1	4	0	0	0	0	6	0	2	1	0	0	0	421.09	1181	1417.5	812.77	978.36	0.13	-0.25	0.17	-0.24	

2. Variável OFUSAMB

```
m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,famil  
y=binomial(link="logit"));summary(m)
```

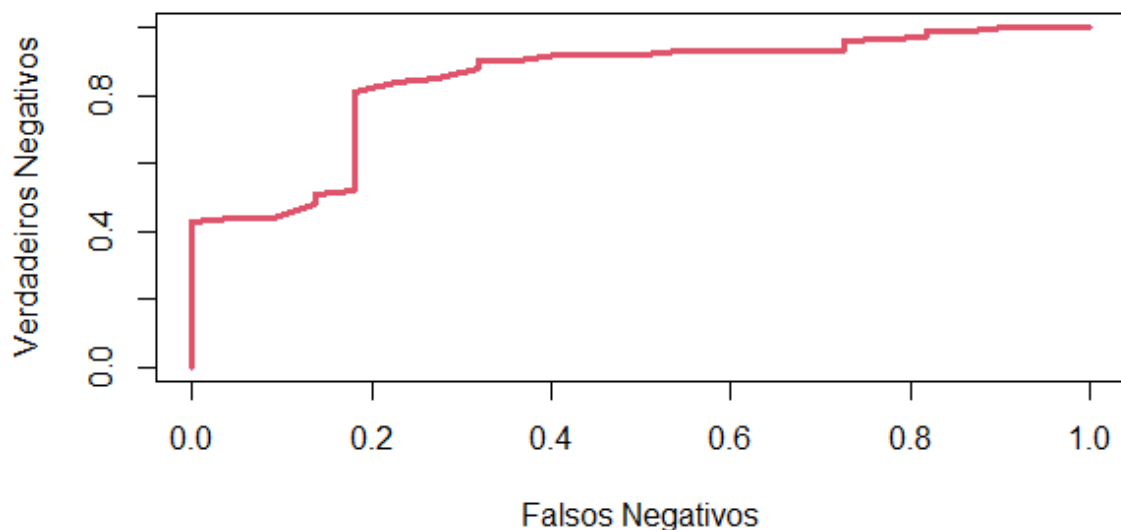
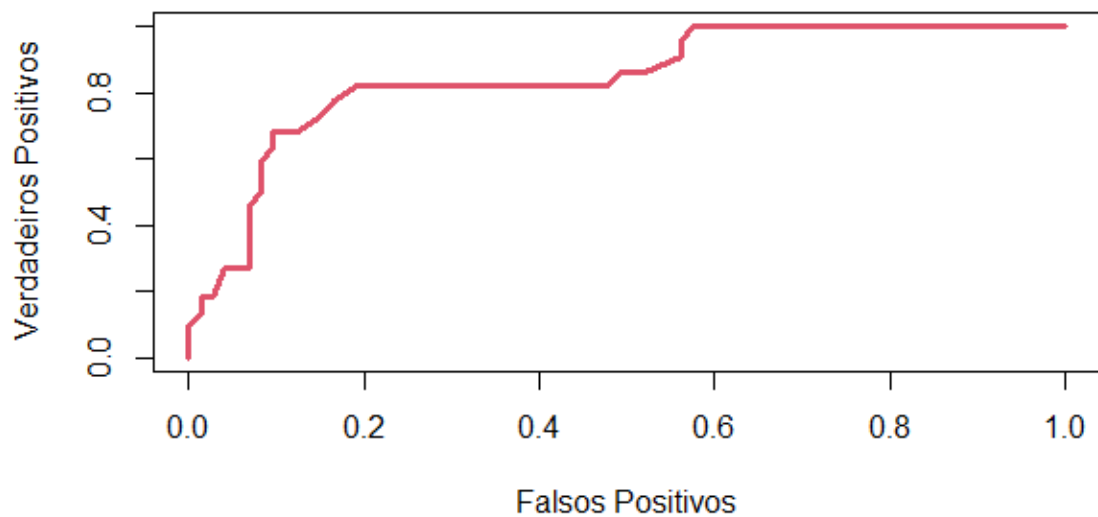
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.55914	-0.62767	-0.36537	-0.01909	2.31363

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-5.298e+00	2.628e+00	-2.016	0.043779	*
dados\$LP	-2.272e-03	2.008e-03	-1.131	0.257911	
dados\$SMP	2.934e-03	1.899e-03	1.545	0.122382	
dados\$SQP	-1.062e-03	1.951e-03	-0.544	0.586355	
dados\$SMQ	7.350e-05	2.277e-03	0.032	0.974248	
dados\$SQQ	2.890e-03	2.297e-03	1.258	0.208327	
dados\$MFxE	-5.574e+01	1.635e+01	-3.410	0.000650	***
dados\$MExP	-1.801e+01	1.026e+01	-1.756	0.079162	.
dados\$QFxE	4.638e+01	1.310e+01	3.541	0.000399	***
dados\$QExP	1.195e+01	7.825e+00	1.527	0.126737	

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQP+SMQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

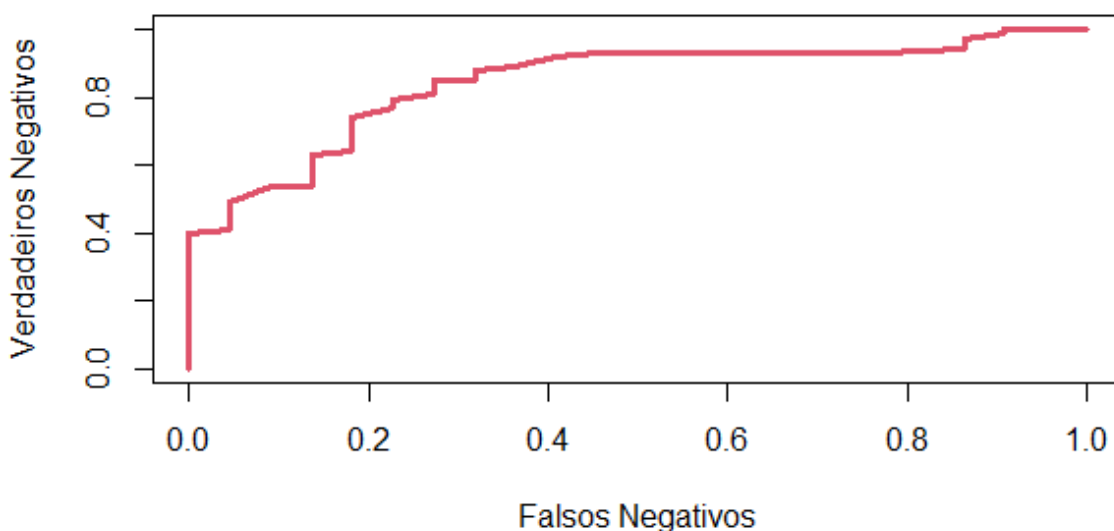
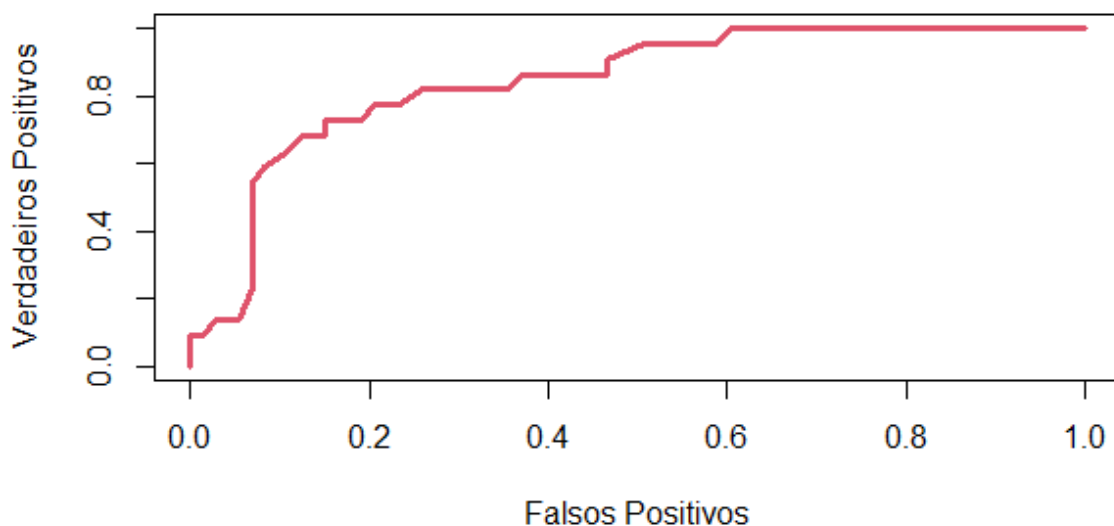
Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.57753	-0.64885	-0.40767	-0.02594	2.17332

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-3.937e+00	2.243e+00	-1.755	0.079188	.
dados\$LP	-2.381e-03	1.991e-03	-1.196	0.231798	
dados\$SMP	1.137e-03	1.093e-03	1.040	0.298135	
dados\$SQP	1.031e-03	9.346e-04	1.103	0.270091	
dados\$SMQ	1.526e-03	1.893e-03	0.806	0.420181	
dados\$MFxE	-5.020e+01	1.542e+01	-3.255	0.001135	**
dados\$MExP	-1.454e+01	9.858e+00	-1.475	0.140139	
dados\$QFxE	4.178e+01	1.219e+01	3.427	0.000611	***
dados\$QExP	1.020e+01	8.278e+00	1.232	0.218101	

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQP+SQQ+MFxE+MExp+QFxE+QExp,family=bino
mial(link="logit"));summary(m)
```

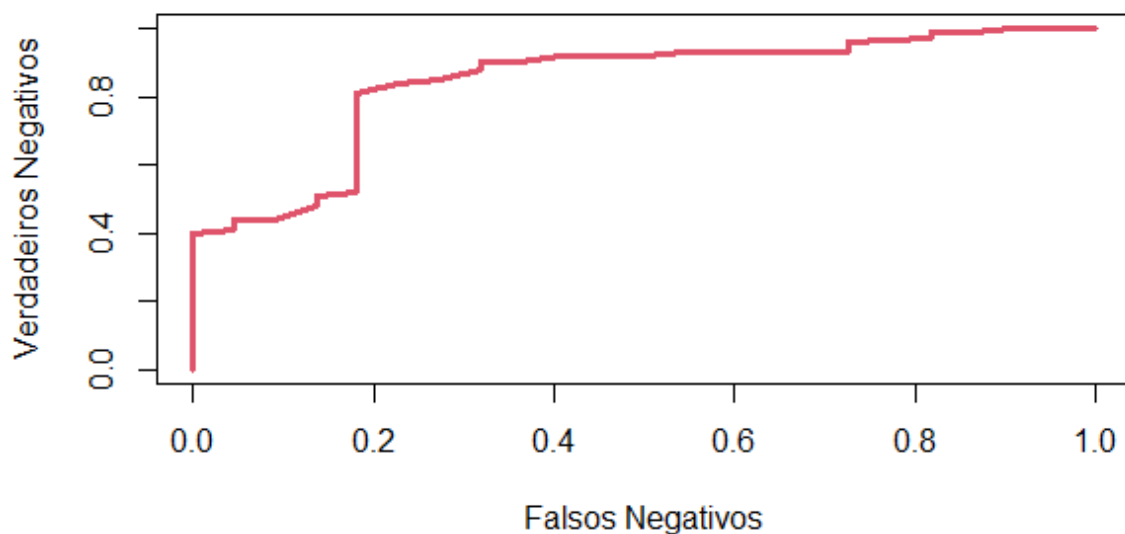
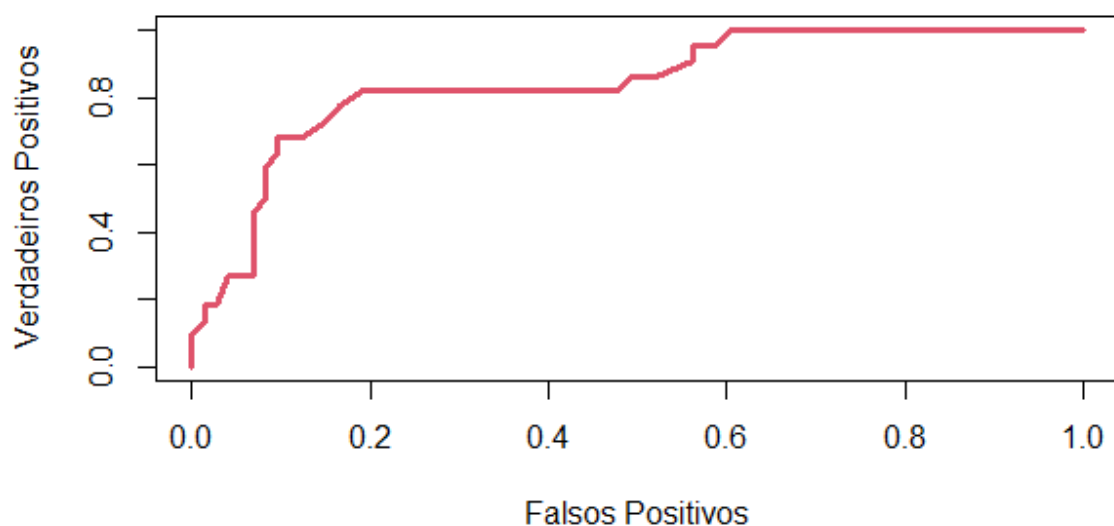
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.55924	-0.62599	-0.36653	-0.01922	2.31099

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-5.264153	2.405993	-2.188	0.028674	*
dados\$LP	-0.002275	0.002006	-1.134	0.256791	
dados\$SMP	0.002978	0.001346	2.213	0.026926	*
dados\$SQP	-0.001101	0.001540	-0.714	0.474929	
dados\$SQQ	0.002926	0.002005	1.459	0.144483	
dados\$MFxE	-55.672300	16.200659	-3.436	0.000589	***
dados\$MExp	-17.883713	9.524067	-1.878	0.060417	.
dados\$QFxE	46.352349	13.075310	3.545	0.000393	***
dados\$QExp	11.861527	7.323826	1.620	0.105322	

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~LP+SMP+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

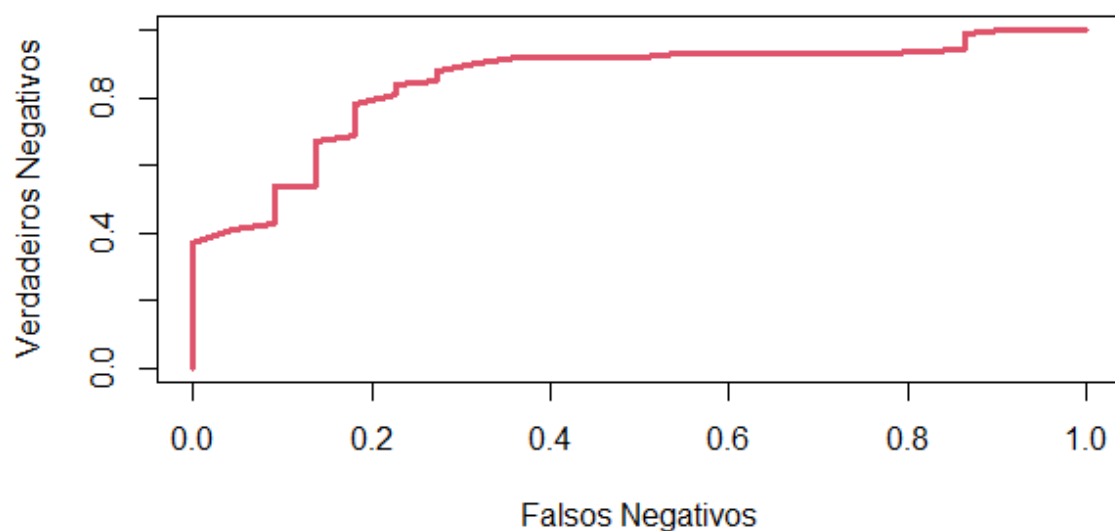
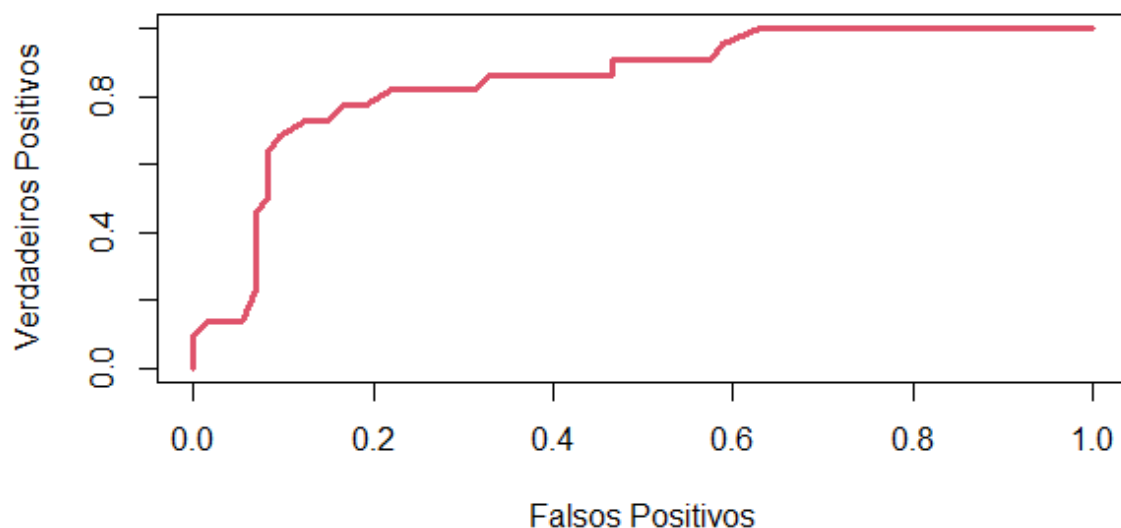
Deviance Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-1.62927	-0.59786	-0.39612	-0.02267	2.19776

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-4.269e+00	1.882e+00	-2.268	0.023315	*
dados\$LP	-2.366e-03	2.000e-03	-1.183	0.236708	
dados\$SMP	2.244e-03	7.797e-04	2.879	0.003995	**
dados\$SQQ	1.742e-03	1.118e-03	1.558	0.119181	
dados\$MFxE	-5.339e+01	1.555e+01	-3.433	0.000598	***
dados\$MExP	-1.468e+01	8.222e+00	-1.785	0.074225	.
dados\$QFxE	4.452e+01	1.244e+01	3.578	0.000346	***
dados\$QExP	9.861e+00	6.822e+00	1.446	0.148290	

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~SMP+SQQ+MFxE+MEXP+QFxE+QExp,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

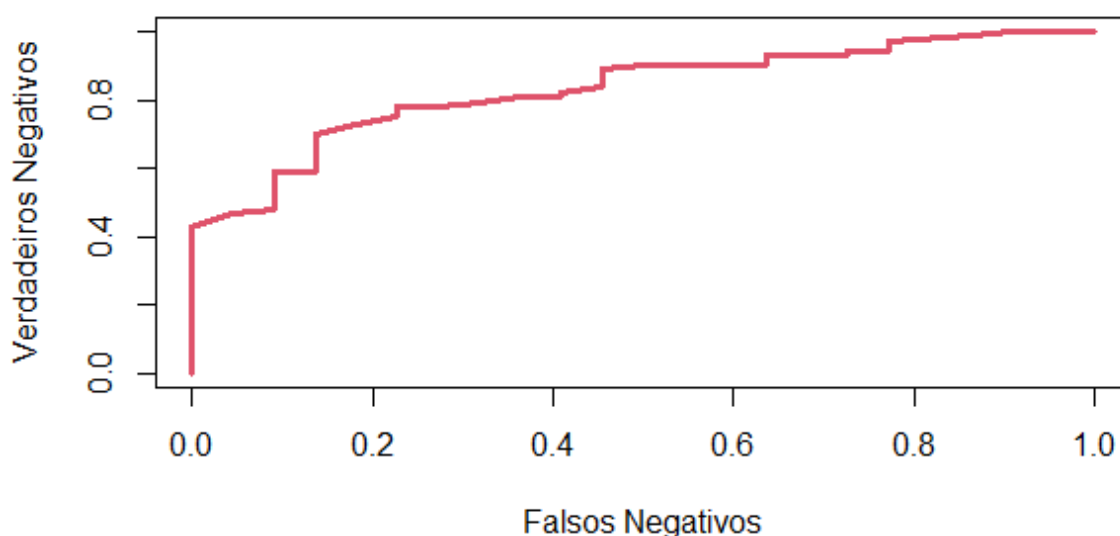
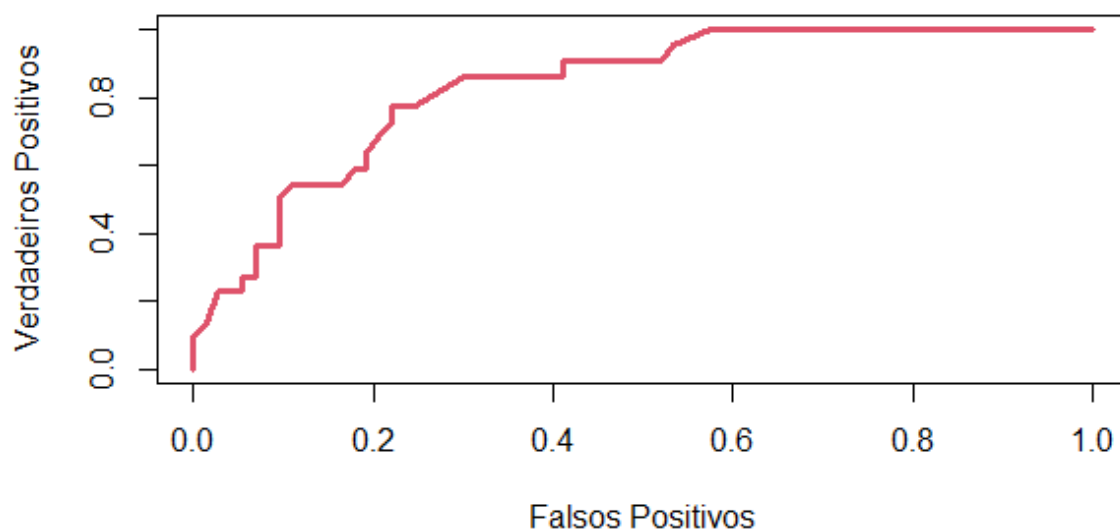
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.69469	-0.70047	-0.35912	-0.03148	2.10983

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-5.036e+00	1.713e+00	-2.941	0.003276 **
dados\$SMP	2.148e-03	7.559e-04	2.842	0.004486 **
dados\$SQQ	1.815e-03	1.115e-03	1.629	0.103387
dados\$MFxE	-4.377e+01	1.282e+01	-3.415	0.000638 ***
dados\$MEXP	-1.032e+01	7.360e+00	-1.402	0.161010
dados\$QFxE	3.739e+01	1.072e+01	3.489	0.000484 ***
dados\$QExp	5.659e+00	6.197e+00	0.913	0.361180

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~SMP+SQQ+MFxE+MEXP+QFxE,family=binomial(link="logit"))
;summary(m)
```

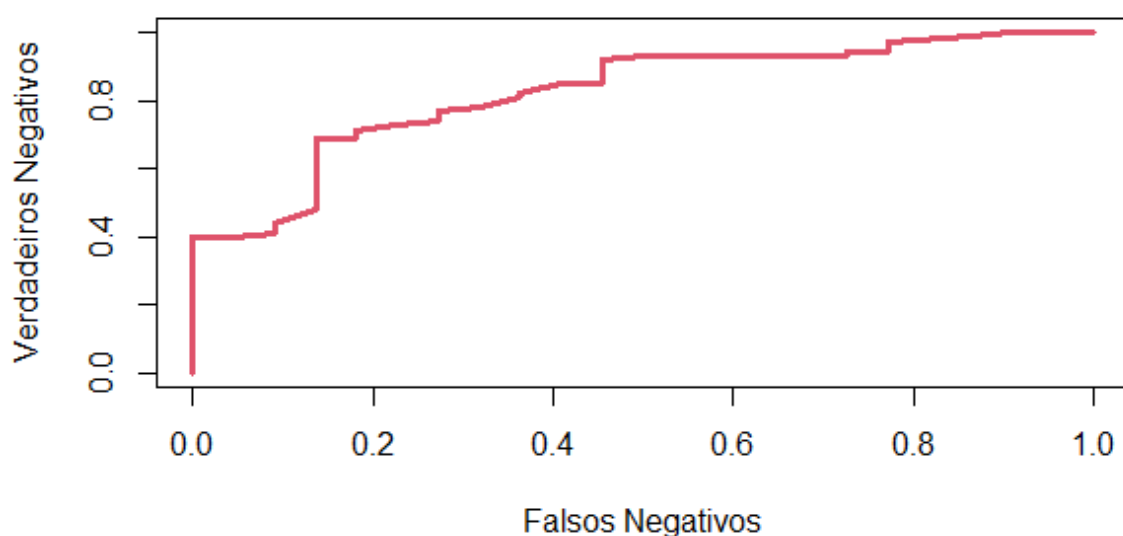
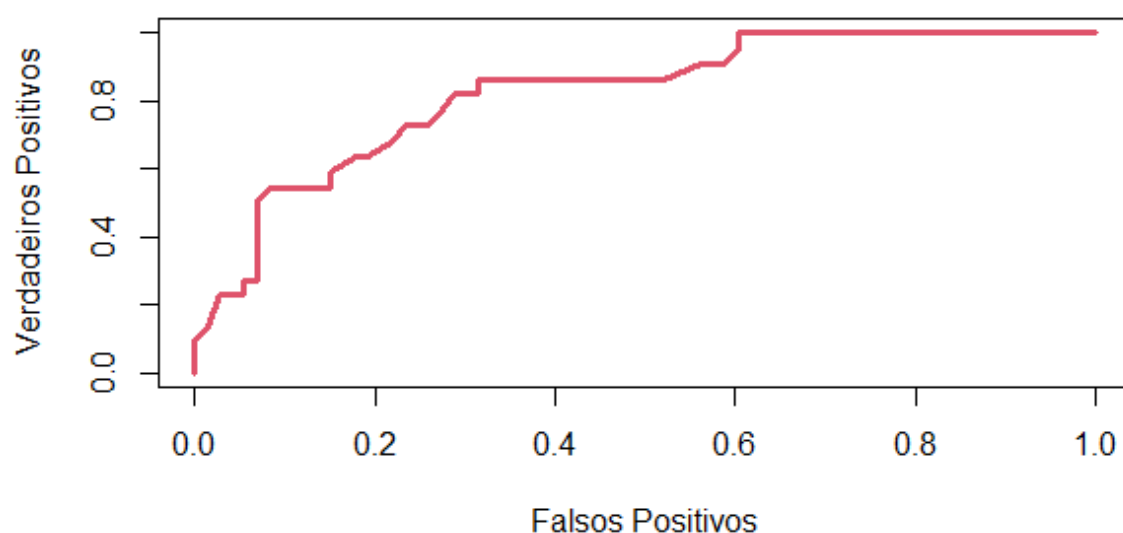
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.65174	-0.73287	-0.34610	-0.02977	2.16716

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-4.710e+00	1.653e+00	-2.850	0.004375	**
dados\$SMP	2.050e-03	7.475e-04	2.742	0.006110	**
dados\$SQQ	1.471e-03	1.023e-03	1.438	0.150573	
dados\$MFxE	-4.170e+01	1.253e+01	-3.327	0.000878	***
dados\$MEXP	-5.421e+00	4.647e+00	-1.167	0.243375	
dados\$QFxE	3.521e+01	1.036e+01	3.400	0.000674	***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~SMP+SQQ+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

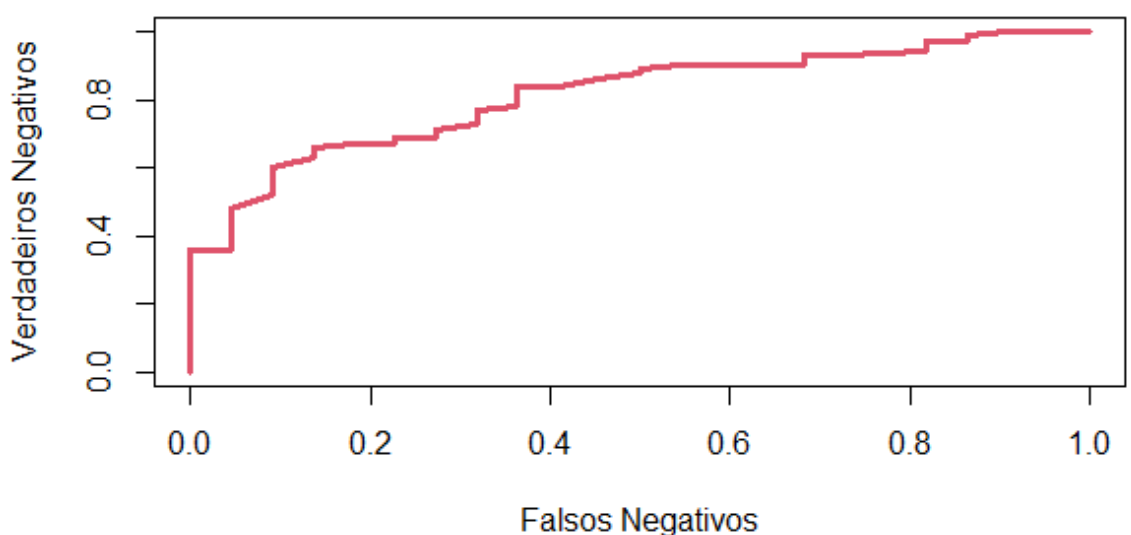
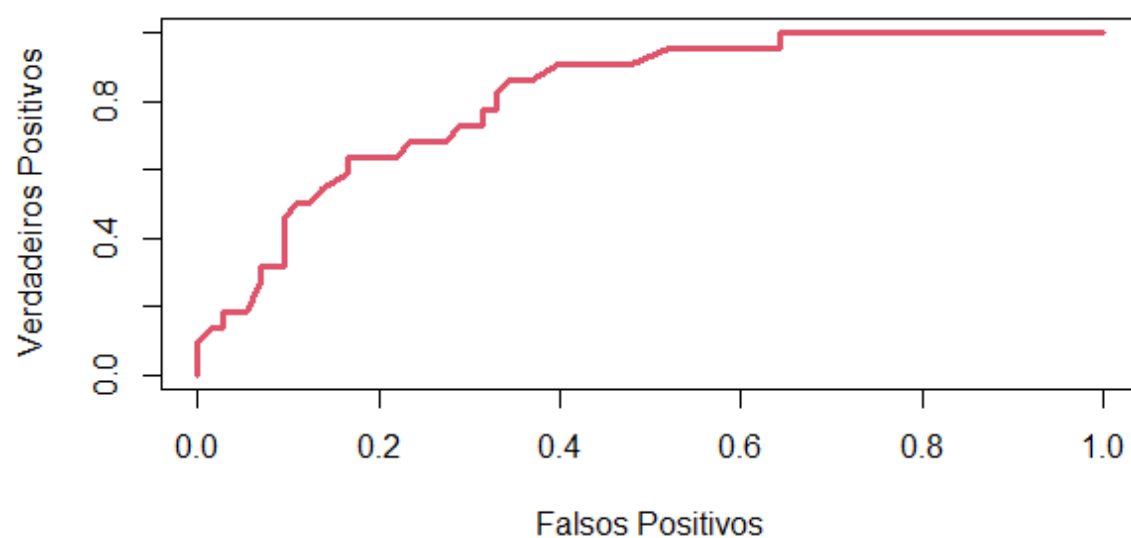
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.52104	-0.73768	-0.33689	-0.02639	2.34581

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-3.341e+00	1.080e+00	-3.094	0.001973	**
dados\$SMP	1.936e-03	7.001e-04	2.765	0.005684	**
dados\$SQQ	1.138e-03	9.936e-04	1.145	0.252268	
dados\$MFxE	-3.953e+01	1.235e+01	-3.200	0.001374	**
dados\$QFxE	3.447e+01	1.043e+01	3.304	0.000955	***

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusamb~SMP+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

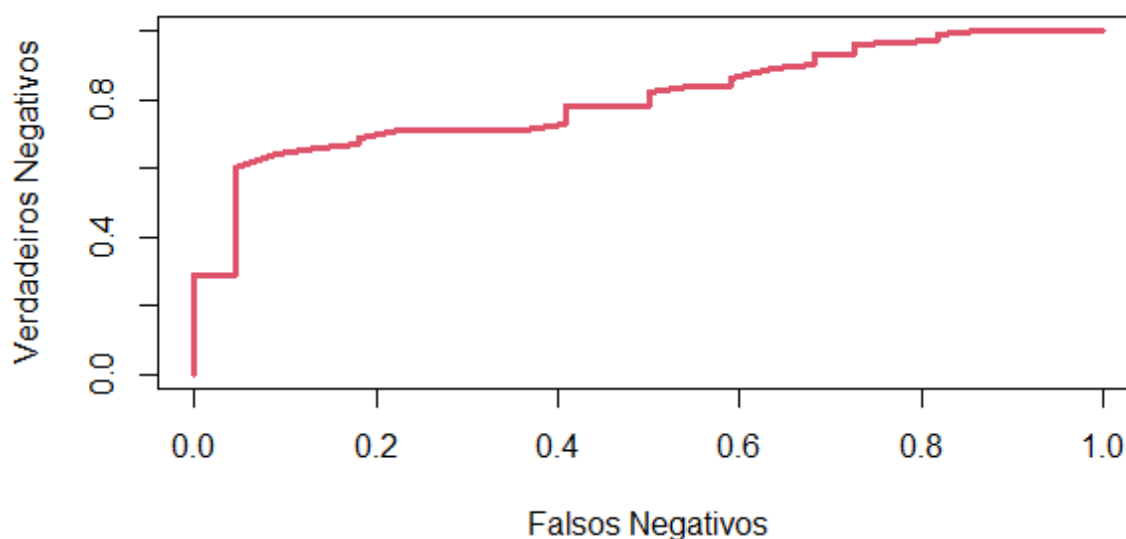
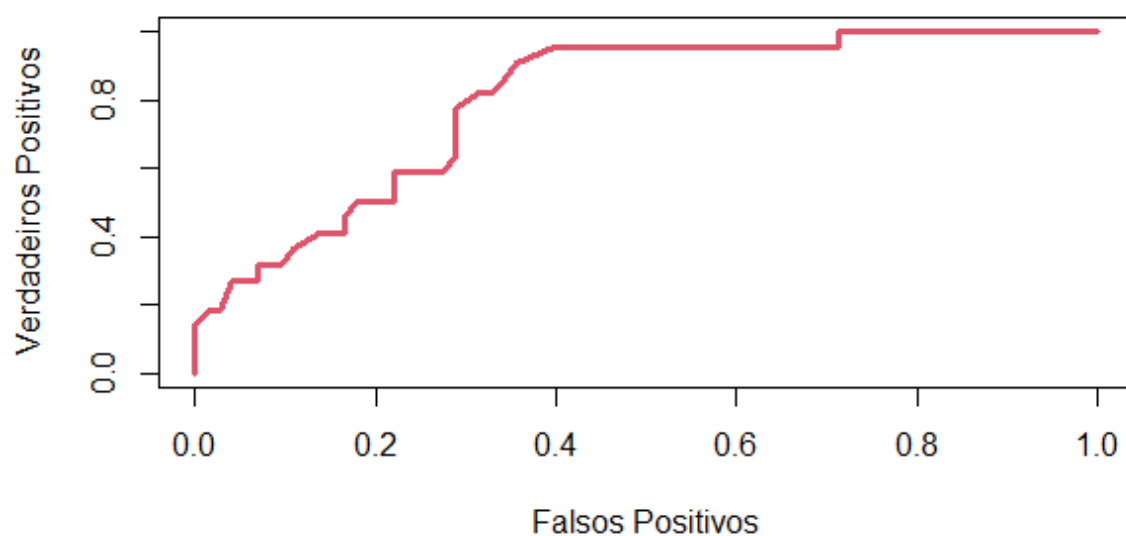
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.42480	-0.76422	-0.33109	-0.04174	2.50967

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-2.415e+00	6.433e-01	-3.754	0.000174	***
dados\$SMP	1.856e-03	6.778e-04	2.738	0.006183	**
dados\$MFxE	-3.246e+01	1.029e+01	-3.154	0.001610	**
dados\$QFxE	2.946e+01	9.204e+00	3.201	0.001372	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



3. Variável OFUSSOLQUA

```
m=glm(ofussolqua~LP+SMP+SQP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

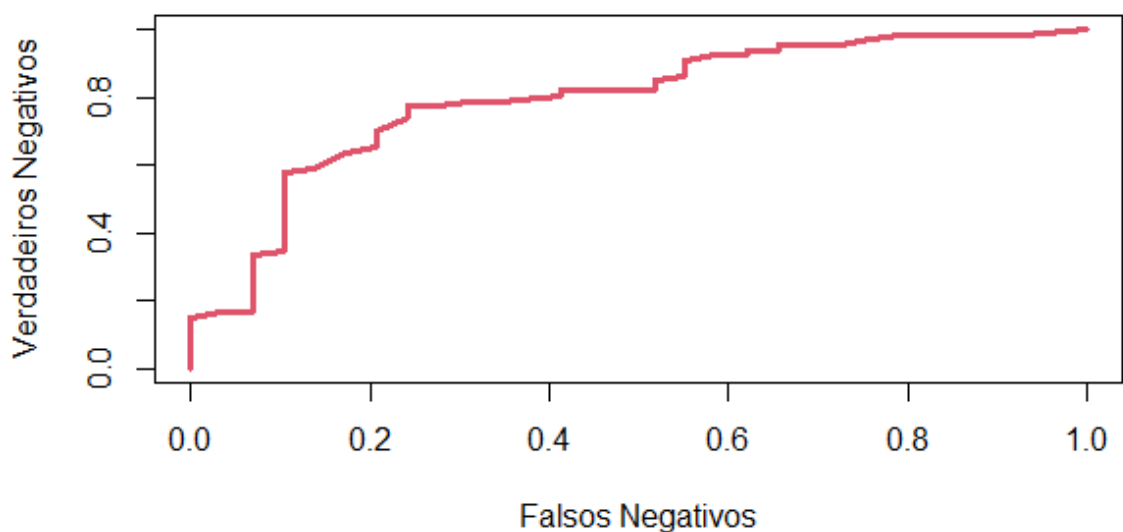
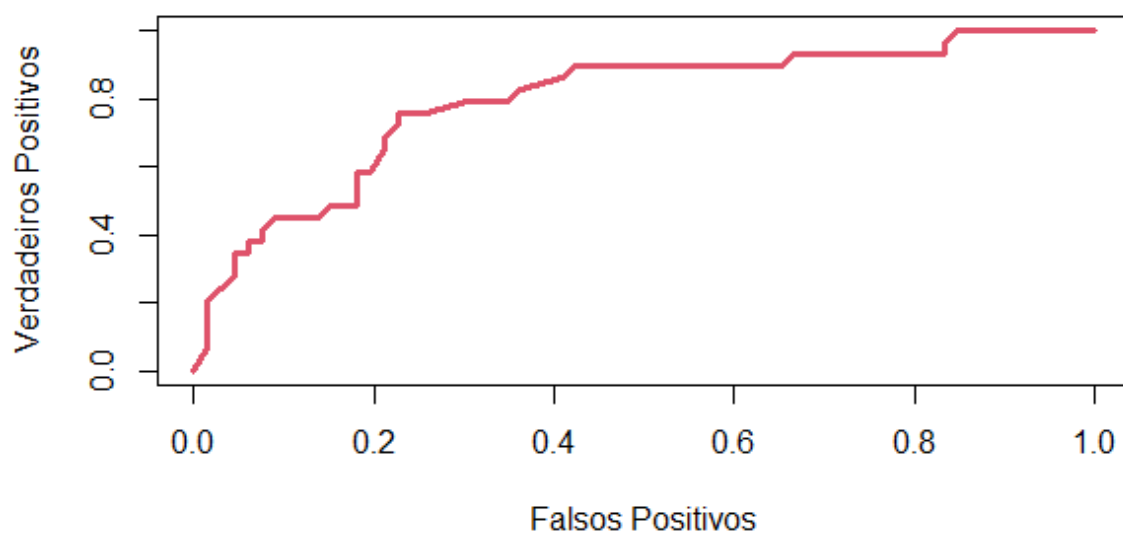
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6378	-0.7568	-0.5166	0.8198	2.5025

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.462e+00	1.872e+00	-0.781	0.4350
dados\$LP	2.528e-04	1.759e-03	0.144	0.8857
dados\$SMP	-9.282e-03	4.787e-03	-1.939	0.0525 .
dados\$SQP	5.985e-03	3.339e-03	1.793	0.0731 .
dados\$SMQ	7.897e-03	3.313e-03	2.384	0.0171 *
dados\$SQQ	-4.874e-03	3.094e-03	-1.575	0.1152
dados\$MFxE	-2.429e+01	1.001e+01	-2.426	0.0153 *
dados\$MExP	-1.395e+01	8.647e+00	-1.614	0.1065
dados\$QFxE	2.347e+01	8.806e+00	2.665	0.0077 **
dados\$QExP	9.314e+00	8.602e+00	1.083	0.2789

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~SMP+SQP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExp,family
=binomial(link="logit"));summary(m)
```

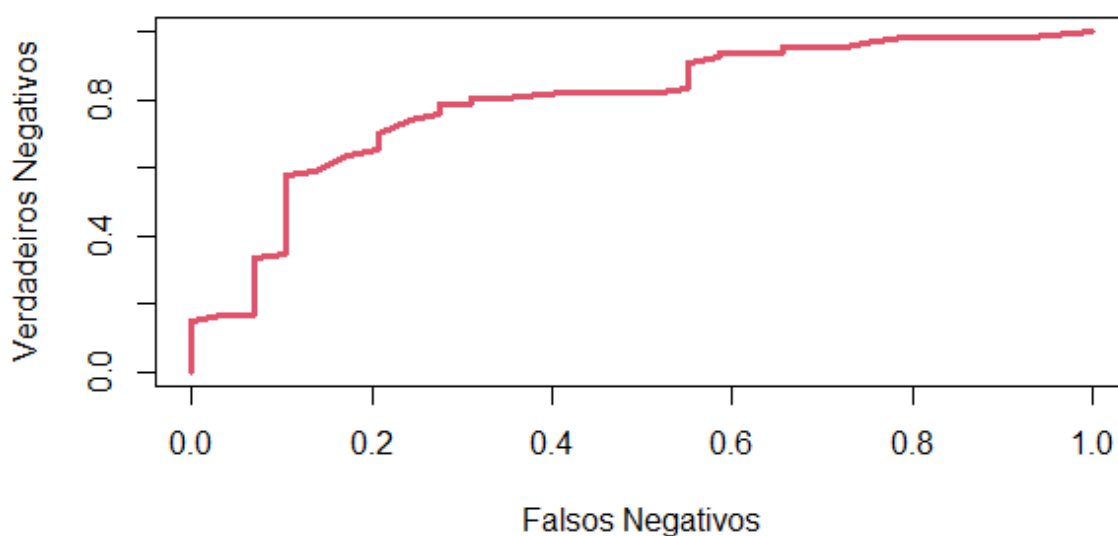
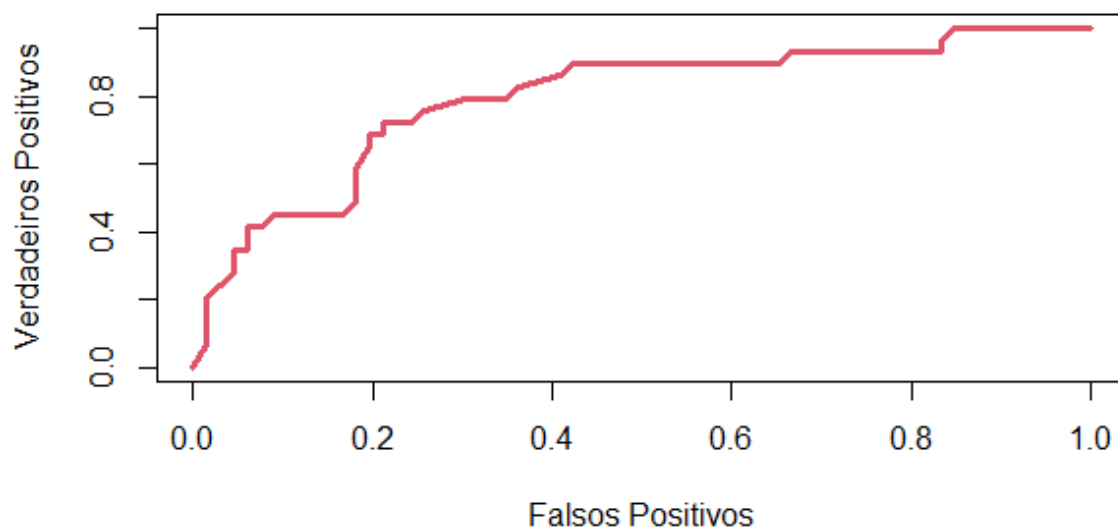
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6358	-0.7572	-0.5117	0.8213	2.5152

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.395714	1.820690	-0.767	0.44333
dados\$SMP	-0.009041	0.004457	-2.028	0.04253 *
dados\$SQP	0.005823	0.003124	1.864	0.06231 .
dados\$SMQ	0.007736	0.003105	2.492	0.01271 *
dados\$SQQ	-0.004742	0.002938	-1.614	0.10656
dados\$MFxE	-24.970557	8.871032	-2.815	0.00488 **
dados\$MExP	-14.215308	8.459773	-1.680	0.09289 .
dados\$QFxE	23.930154	8.207003	2.916	0.00355 **
dados\$QExp	9.629357	8.299672	1.160	0.24596

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~SMP+SQP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

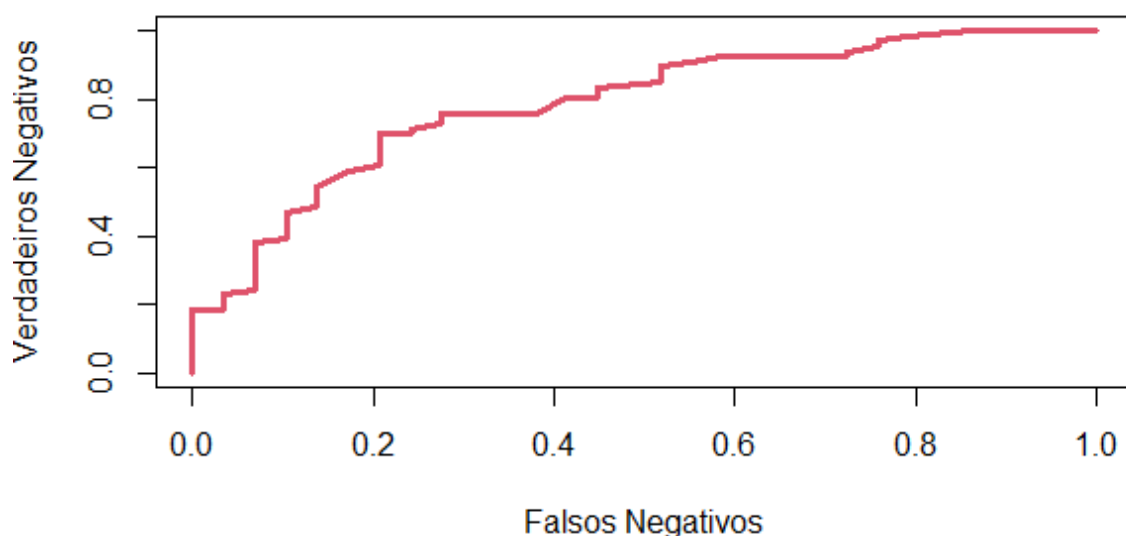
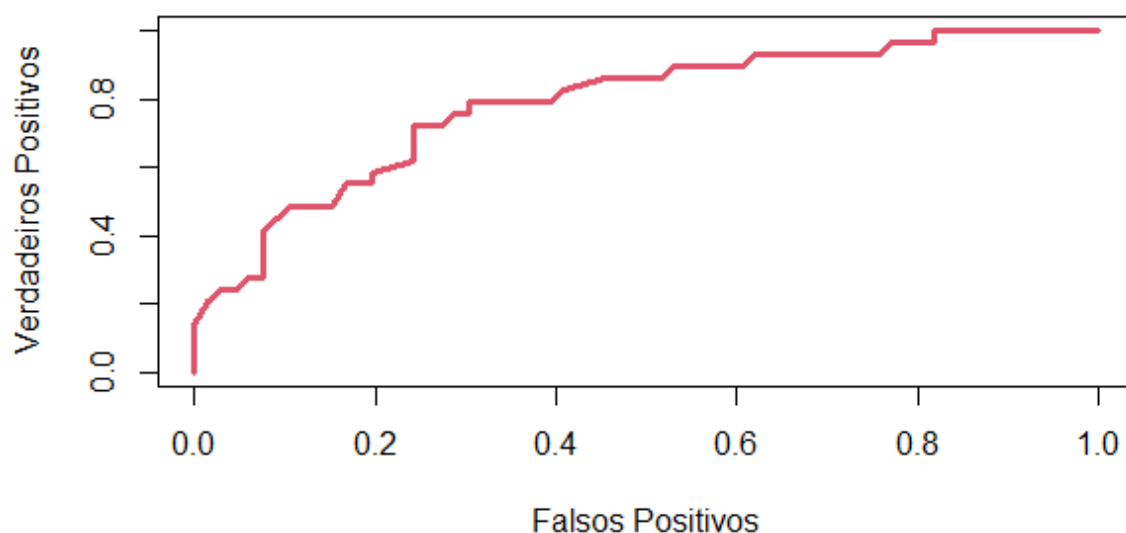
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.4929	-0.8173	-0.5127	0.8918	2.4159

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.538135	1.654620	-0.930	0.35258
dados\$SMP	-0.006655	0.003716	-1.791	0.07331 .
dados\$SQP	0.004417	0.002770	1.595	0.11076
dados\$SMQ	0.005975	0.002584	2.312	0.02078 *
dados\$SQQ	-0.003907	0.002768	-1.411	0.15810
dados\$MFxE	-22.348023	8.631789	-2.589	0.00962 **
dados\$MExP	-6.236901	4.089621	-1.525	0.12725
dados\$QFxE	20.369421	7.630222	2.670	0.00759 **

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~SMP+SQP+SMQ+MFxE+MExP+QFxE,family=binomial(link
="logit"));summary(m)
```

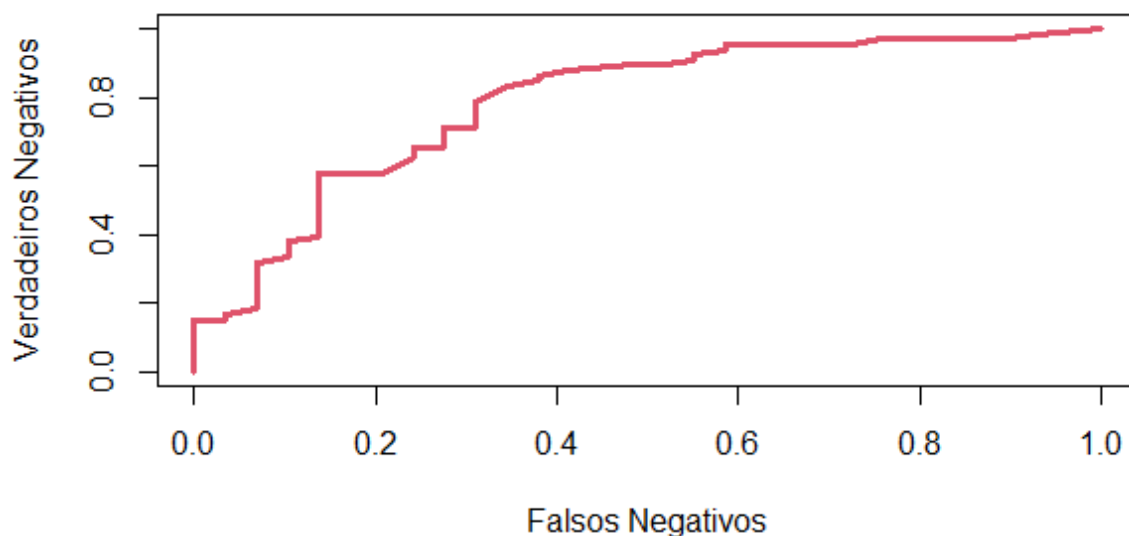
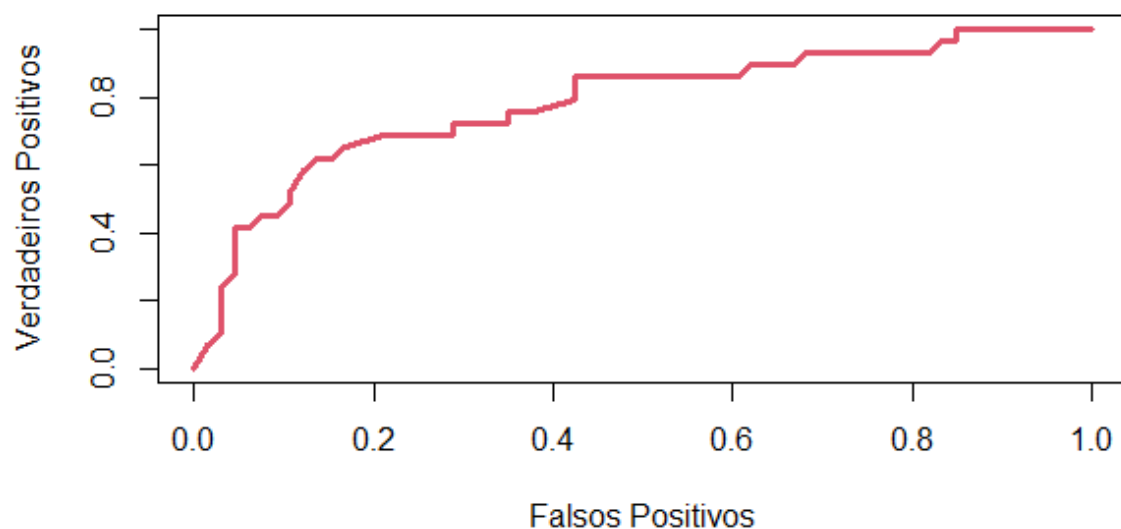
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.5566	-0.8676	-0.5067	1.0088	2.5081

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-2.823e+00	1.423e+00	-1.983	0.04734	*
dados\$SMP	-2.551e-03	1.285e-03	-1.985	0.04717	*
dados\$SQP	8.693e-04	8.380e-04	1.037	0.29958	
dados\$SMQ	3.100e-03	1.324e-03	2.341	0.01924	*
dados\$MFxE	-2.291e+01	8.494e+00	-2.698	0.00698	**
dados\$MExP	-6.563e+00	4.037e+00	-1.625	0.10407	
dados\$QFxE	1.945e+01	7.176e+00	2.711	0.00672	**

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~SMP+SMQ+MFxE+MEXP+QFxE,family=binomial(link="logit
"));summary(m)
```

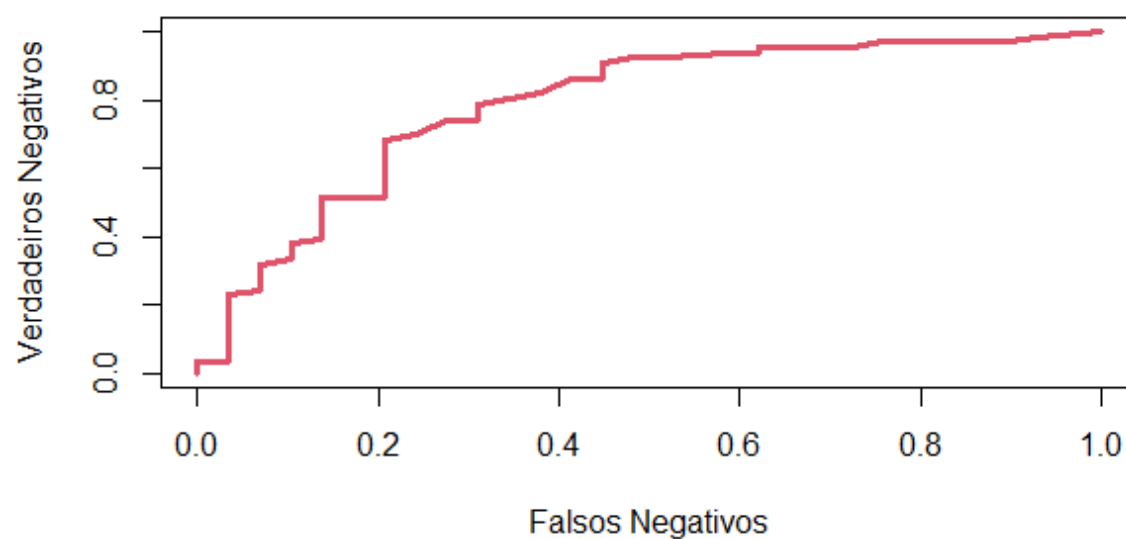
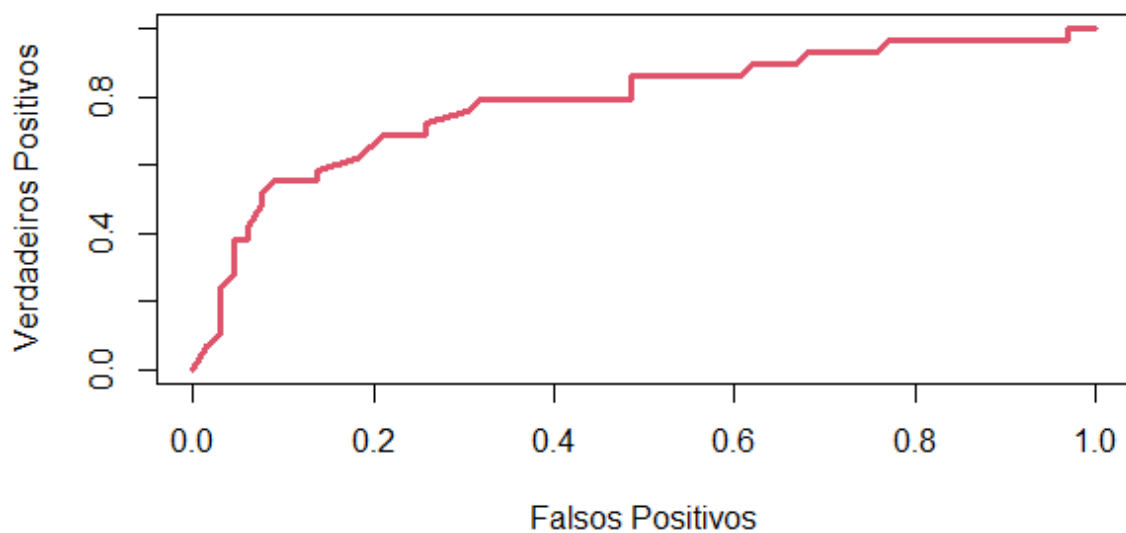
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.4393	-0.8626	-0.4631	1.0215	2.7768

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-2.126e+00	1.198e+00	-1.774	0.07605 .
dados\$SMP	-1.744e-03	9.367e-04	-1.862	0.06261 .
dados\$SMQ	2.504e-03	1.163e-03	2.153	0.03134 *
dados\$MFxE	-1.839e+01	6.796e+00	-2.706	0.00682 **
dados\$MEXP	-5.344e+00	3.697e+00	-1.445	0.14834
dados\$QFxE	1.632e+01	6.222e+00	2.622	0.00873 **

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~SMP+SMQ+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

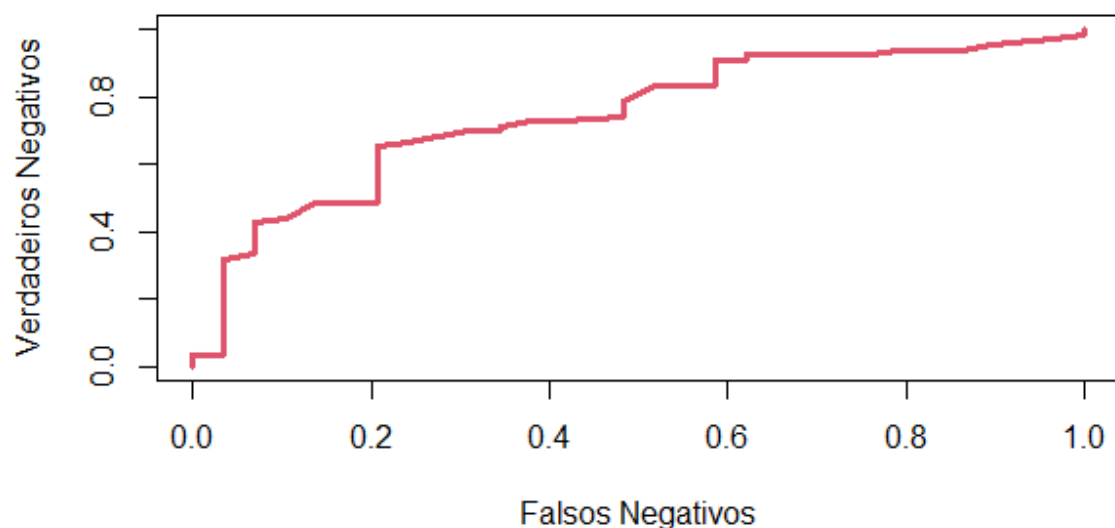
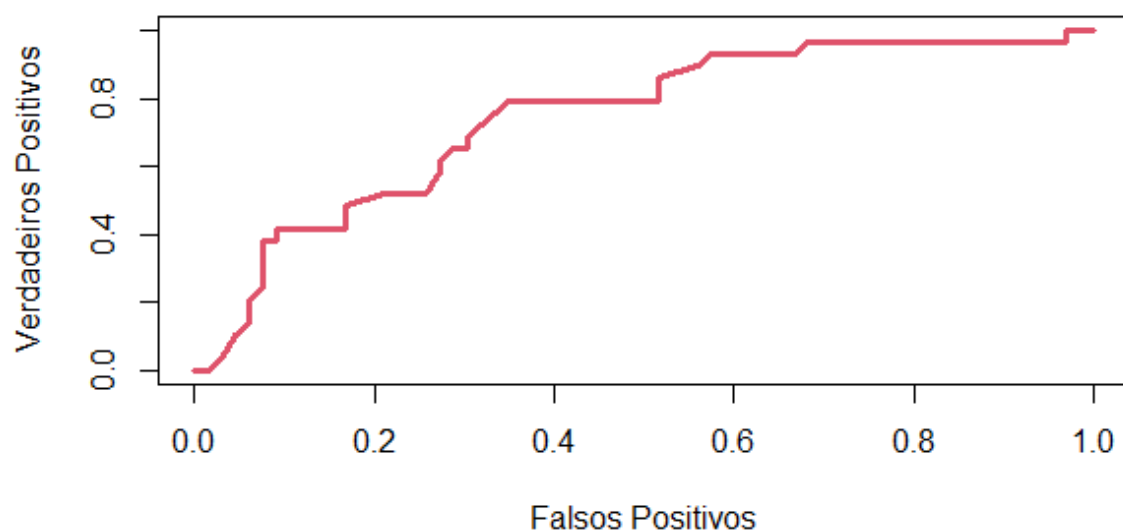
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.4204	-0.8975	-0.5011	1.0835	2.7313

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-8.703e-01	7.477e-01	-1.164	0.2444
dados\$SMP	-1.474e-03	8.868e-04	-1.662	0.0964 .
dados\$SMQ	1.933e-03	1.071e-03	1.805	0.0711 .
dados\$MFxE	-1.691e+01	6.709e+00	-2.520	0.0117 *
dados\$QFxE	1.590e+01	6.210e+00	2.560	0.0105 *

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~SMQ+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(
m)
```

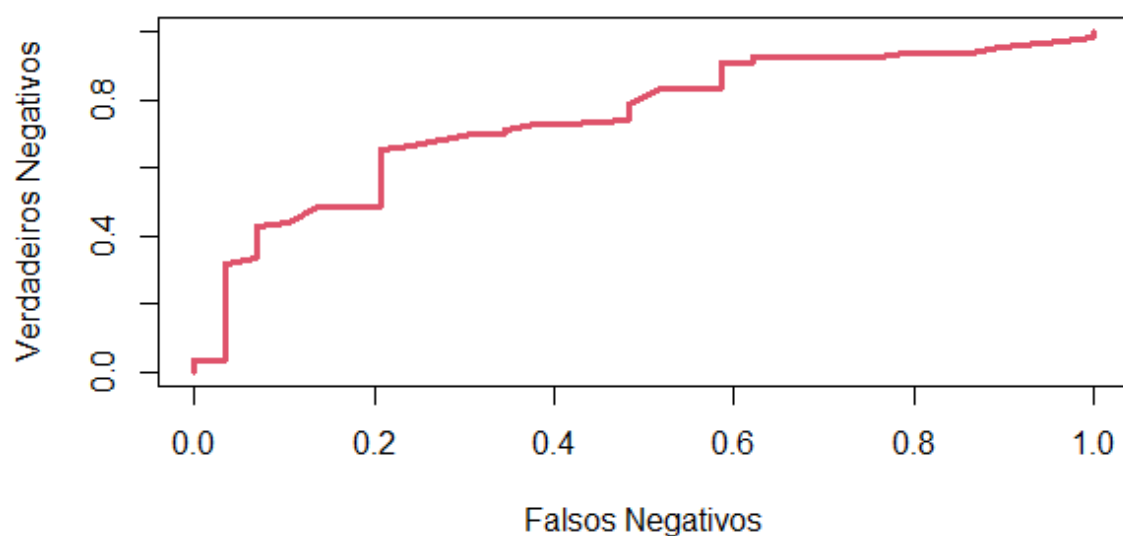
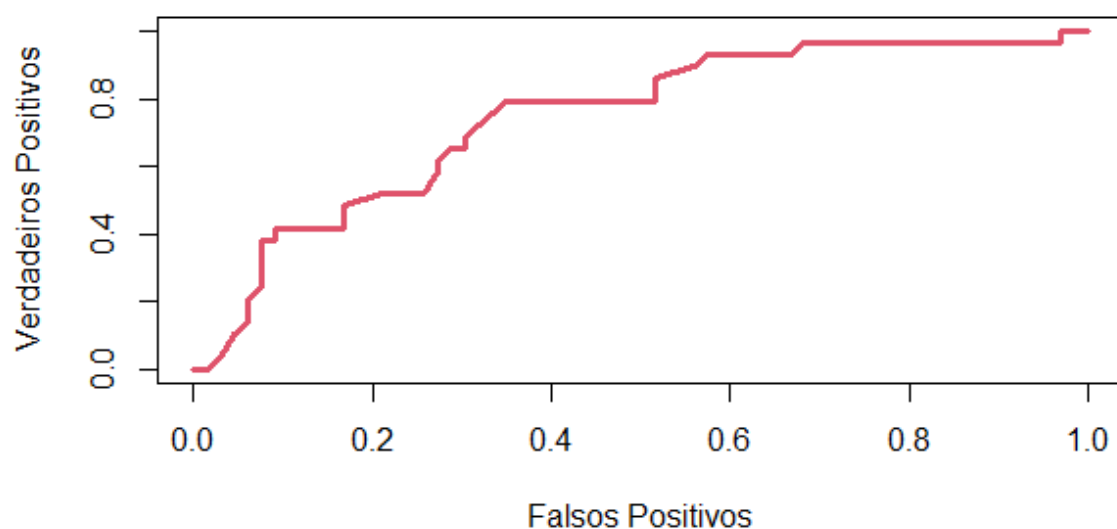
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.4072	-0.9555	-0.5552	1.2164	2.3393

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.078e+00	6.980e-01	-1.545	0.12234
dados\$SMQ	7.641e-04	8.427e-04	0.907	0.36453
dados\$MFxE	-1.771e+01	6.737e+00	-2.628	0.00858 **
dados\$QFxE	1.695e+01	6.036e+00	2.808	0.00499 **

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofussolqua~MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

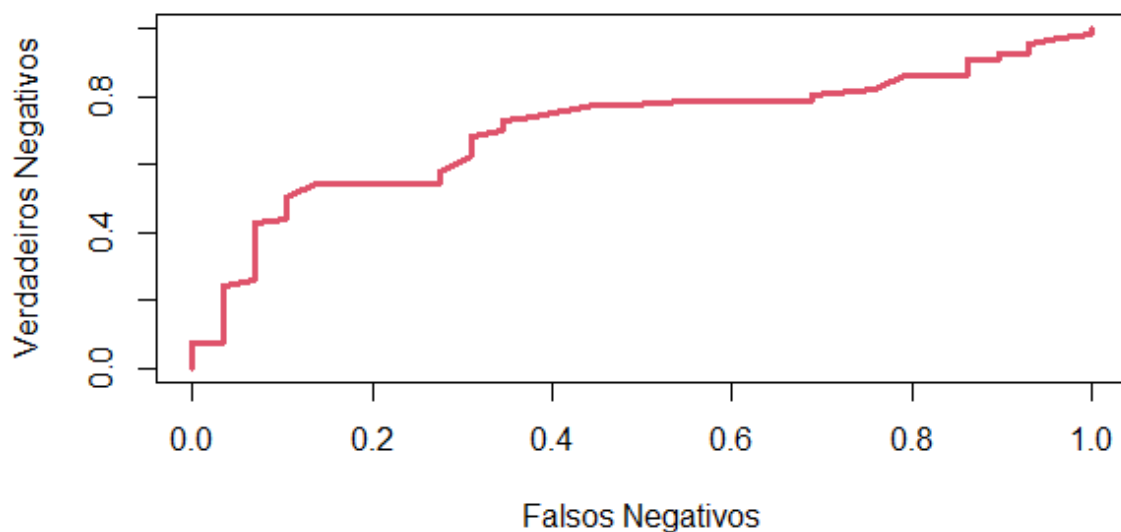
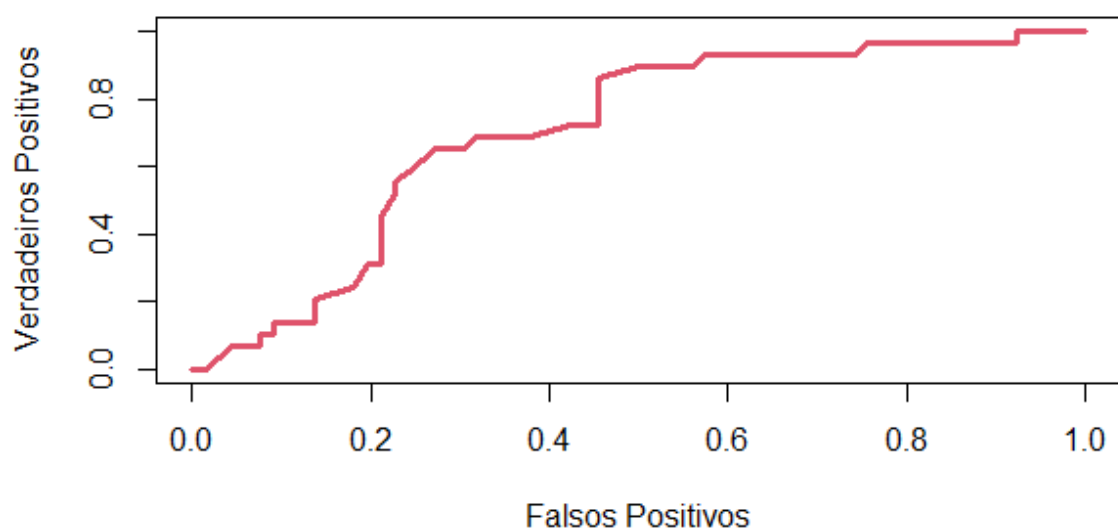
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.4819	-0.8817	-0.5858	1.2431	2.3476

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-0.4914	0.2442	-2.012	0.04417	*
dados\$MFxE	-16.9082	6.3887	-2.647	0.00813	**
dados\$QFxE	16.9102	5.8217	2.905	0.00368	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



3. Variável OFUSMESA

```
m=glm(ofusmesa~LP+SMP+SQP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,fam
ily=binomial(link="logit"));summary(m)
```

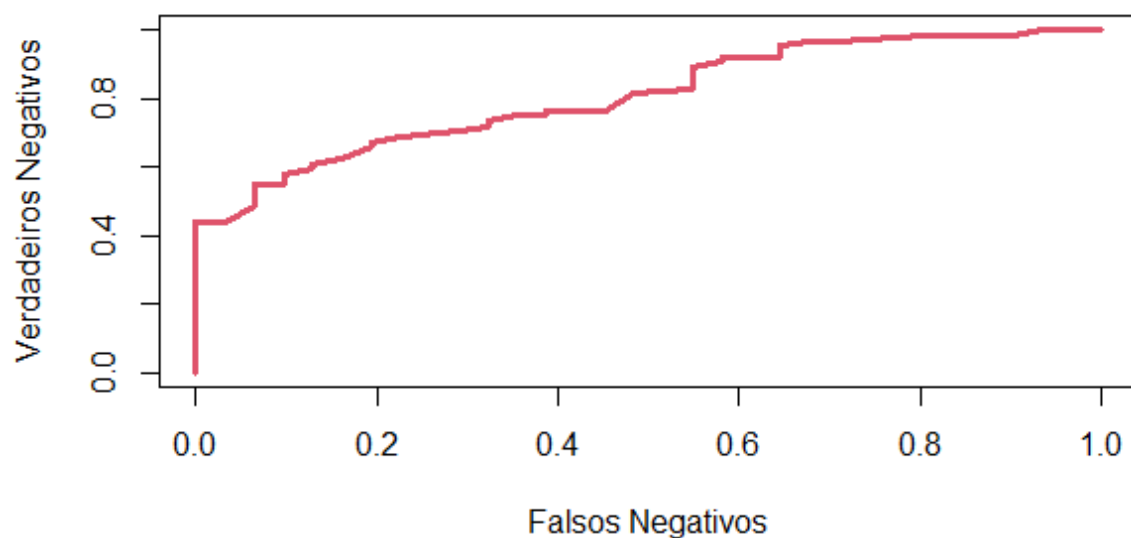
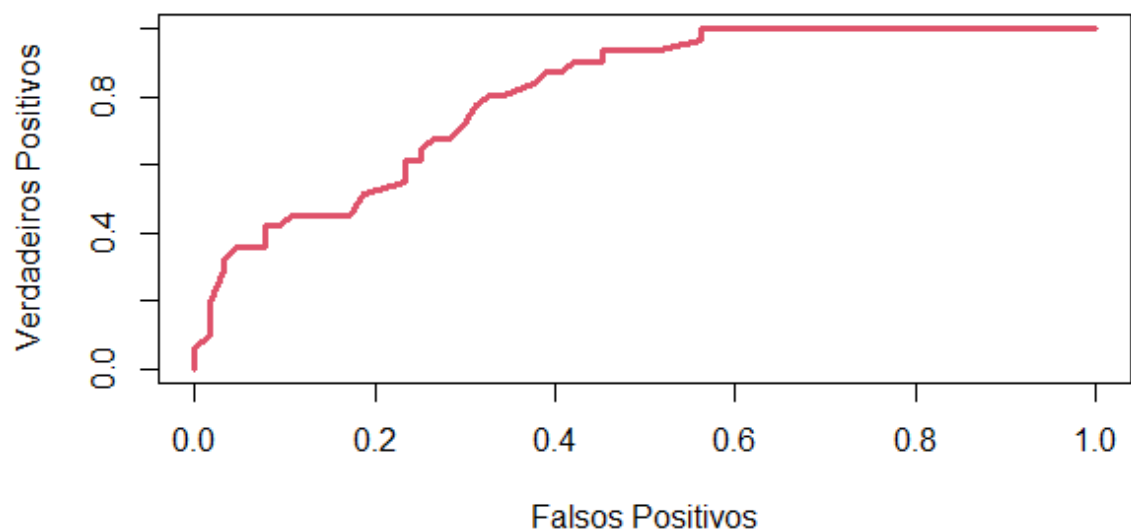
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.5820	-0.7407	-0.4523	0.8415	1.9887

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.811e+00	1.927e+00	-1.978	0.04791 *
dados\$LP	-1.805e-03	2.057e-03	-0.877	0.38036
dados\$SMP	-5.114e-04	1.462e-03	-0.350	0.72653
dados\$SQP	5.358e-04	1.547e-03	0.346	0.72909
dados\$SMQ	3.479e-03	1.807e-03	1.926	0.05414 .
dados\$SQQ	1.377e-03	1.726e-03	0.798	0.42495
dados\$MFxE	-3.370e+01	1.181e+01	-2.855	0.00431 **
dados\$MExP	-4.317e+00	7.245e+00	-0.596	0.55124
dados\$QFxE	2.686e+01	9.695e+00	2.771	0.00559 **
dados\$QExP	2.883e+00	6.174e+00	0.467	0.64057

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusmesa~LP+SMP+SMQ+SQQ+MFxE+MExP+QFxE+QExP,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

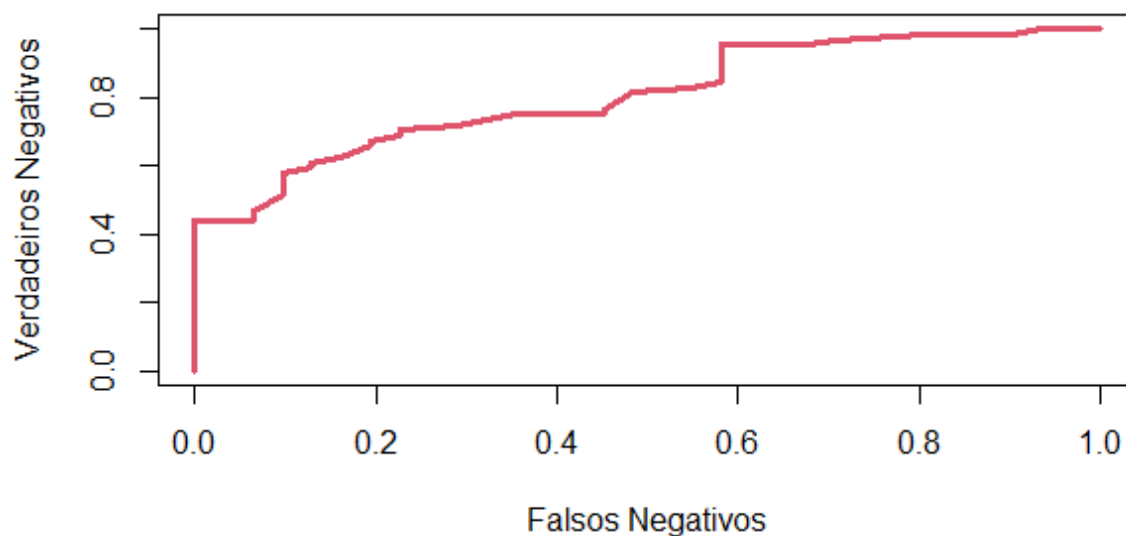
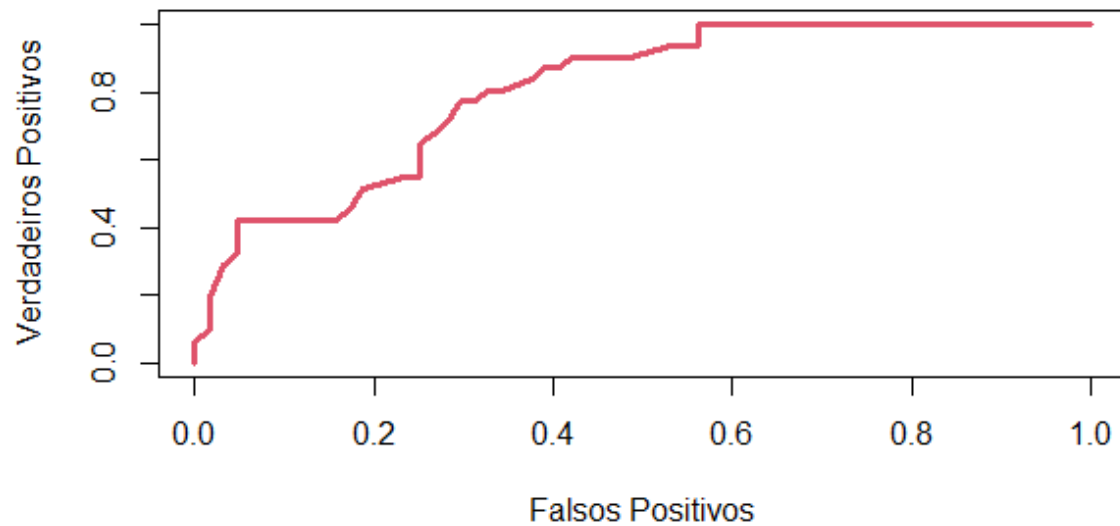
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6562	-0.7560	-0.4538	0.8676	1.9678

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.835e+00	1.935e+00	-1.982	0.04746 *
dados\$LP	-1.831e-03	2.060e-03	-0.889	0.37407
dados\$SMP	-7.685e-05	7.530e-04	-0.102	0.91871
dados\$SMQ	3.066e-03	1.345e-03	2.279	0.02265 *
dados\$SQQ	1.872e-03	9.664e-04	1.937	0.05269 .
dados\$MFxE	-3.371e+01	1.177e+01	-2.864	0.00418 **
dados\$MExP	-4.585e+00	7.200e+00	-0.637	0.52421
dados\$QFxE	2.701e+01	9.682e+00	2.790	0.00527 **
dados\$QExP	2.985e+00	6.128e+00	0.487	0.62618

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusmesa~LP+SMQ+SQQ+MFxE+MExp+QFxE+QExp,family=binomial
(link="logit"));summary(m)
```

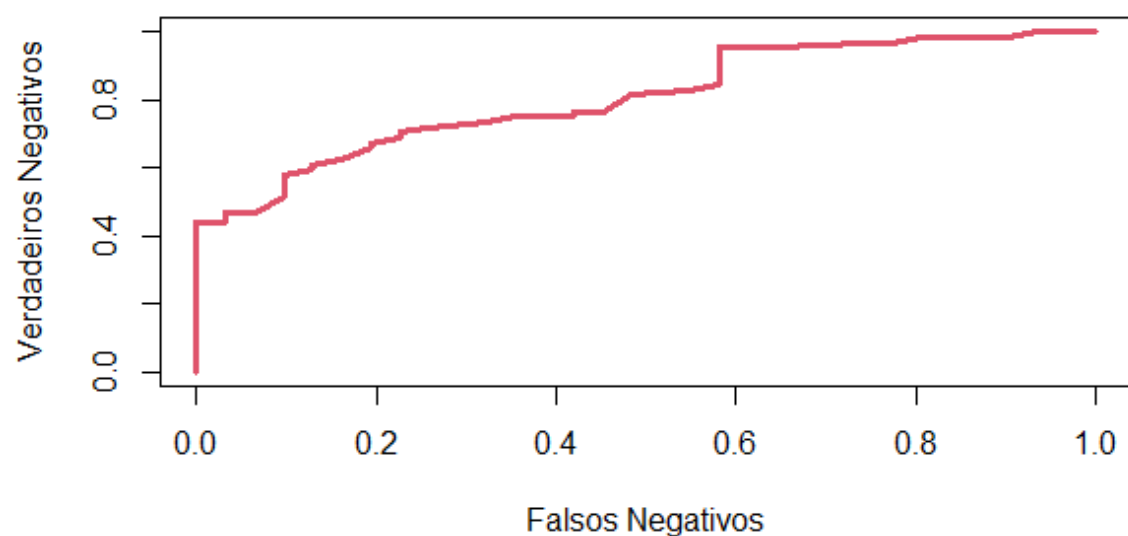
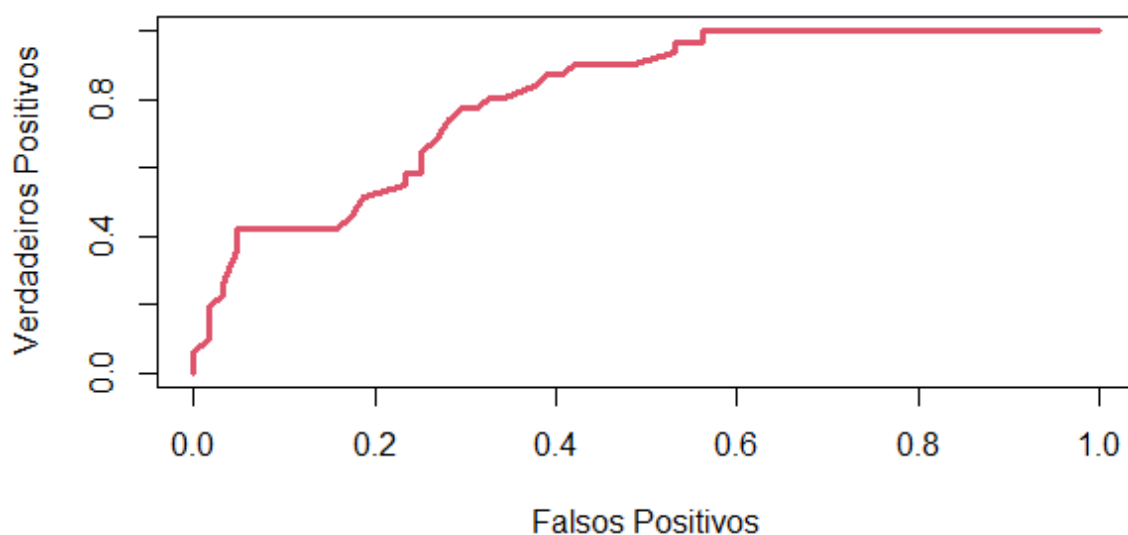
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6877	-0.7567	-0.4541	0.8787	1.9610

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.817e+00	1.929e+00	-1.979	0.04777 *
dados\$LP	-1.858e-03	2.051e-03	-0.906	0.36494
dados\$SMQ	2.985e-03	1.082e-03	2.758	0.00581 **
dados\$SQQ	1.877e-03	9.648e-04	1.946	0.05170 .
dados\$MFxE	-3.395e+01	1.156e+01	-2.936	0.00333 **
dados\$MExp	-4.492e+00	7.131e+00	-0.630	0.52879
dados\$QFxE	2.726e+01	9.400e+00	2.899	0.00374 **
dados\$QExp	2.935e+00	6.100e+00	0.481	0.63047

 signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusmesa~LP+SMQ+SQQ+MFxE+MExp+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

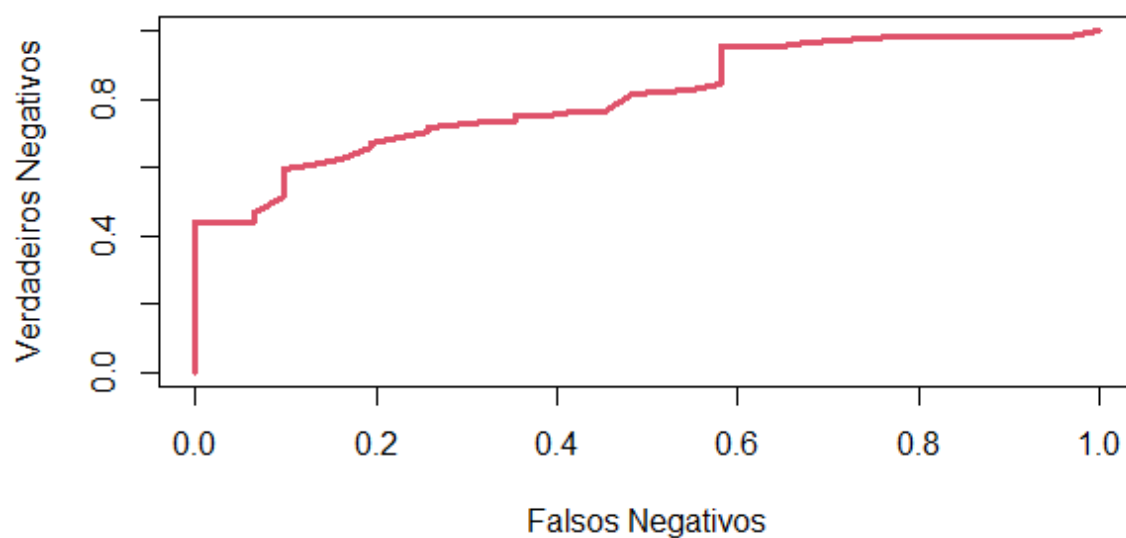
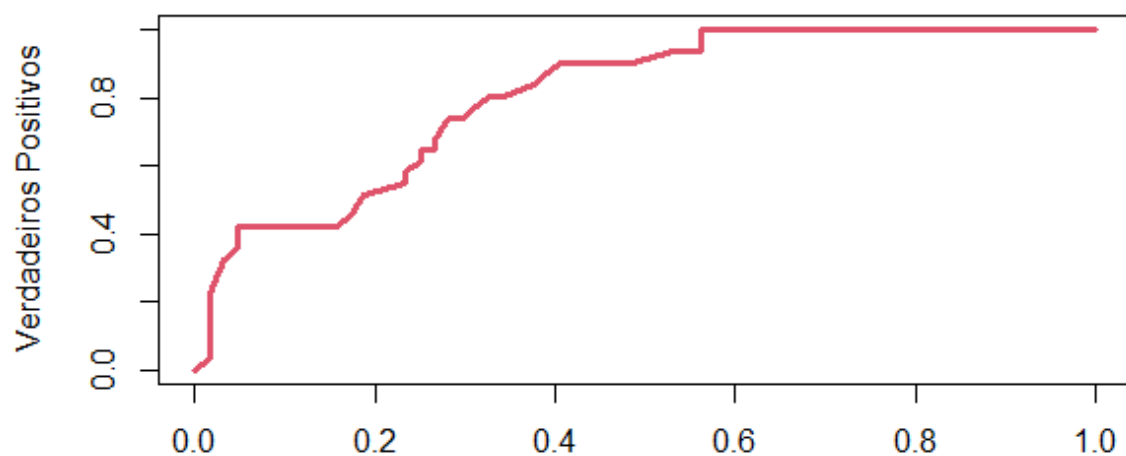
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.7149	-0.7429	-0.4129	0.8719	2.0082

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-3.781e+00	1.846e+00	-2.048	0.04055	*
dados\$LP	-1.411e-03	1.741e-03	-0.811	0.41758	
dados\$SMQ	2.837e-03	1.005e-03	2.823	0.00476	**
dados\$SQQ	1.790e-03	9.403e-04	1.904	0.05692	.
dados\$MFxE	-3.154e+01	1.032e+01	-3.055	0.00225	**
dados\$MExp	-1.705e+00	3.848e+00	-0.443	0.65775	
dados\$QFxE	2.519e+01	8.296e+00	3.037	0.00239	**

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusmesa~LP+SMQ+SQQ+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));s
ummary(m)
```

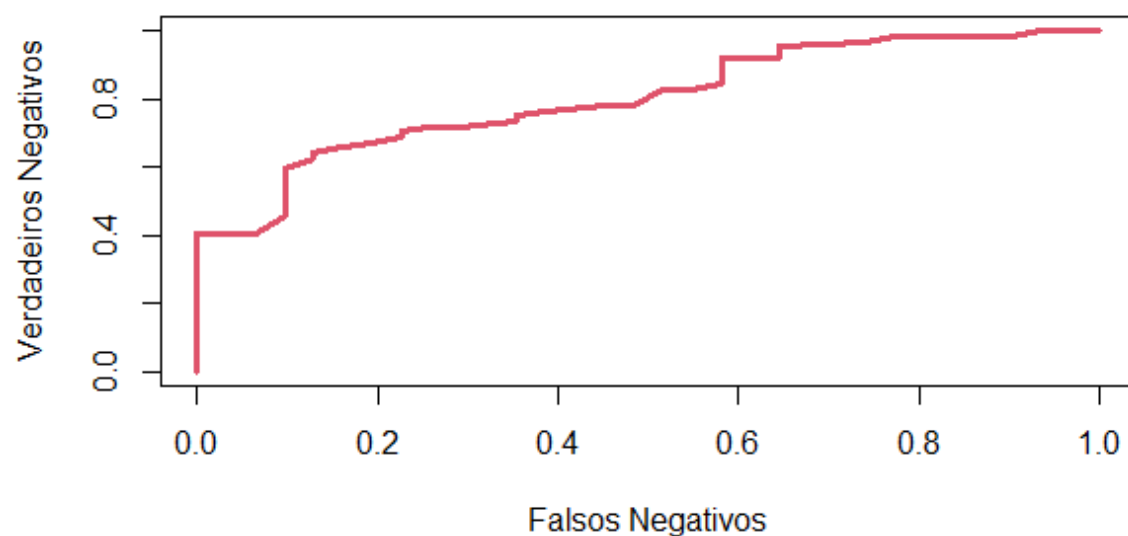
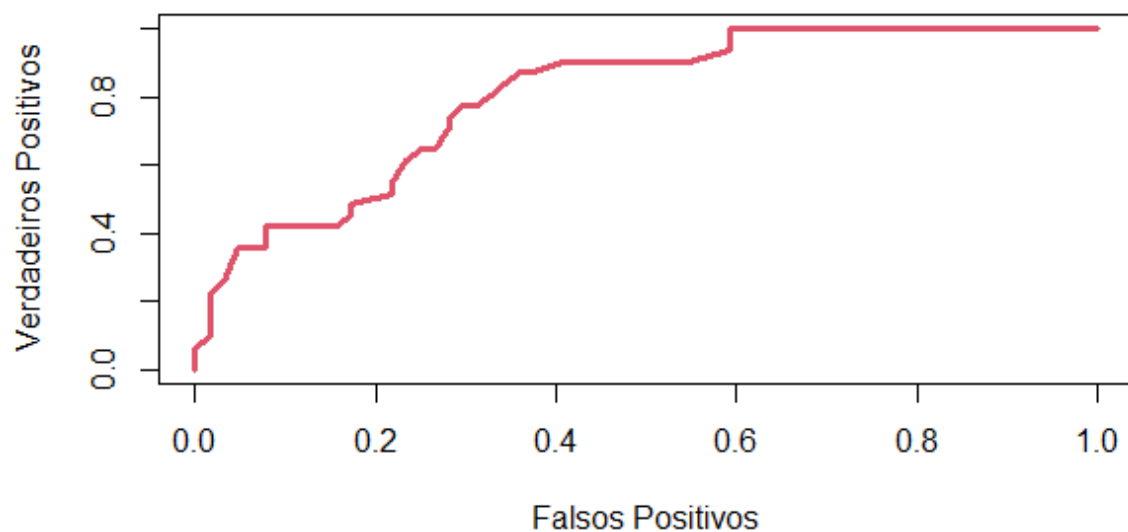
Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6487	-0.7238	-0.4277	0.8916	2.0578

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-3.319e+00	1.491e+00	-2.226	0.02600 *
dados\$LP	-1.398e-03	1.735e-03	-0.806	0.42023
dados\$SMQ	2.735e-03	9.644e-04	2.836	0.00457 **
dados\$SQQ	1.695e-03	9.146e-04	1.853	0.06388 .
dados\$MFxE	-3.088e+01	1.019e+01	-3.030	0.00244 **
dados\$QFxE	2.501e+01	8.279e+00	3.021	0.00252 **

signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



```
m=glm(ofusmesa~SMQ+SQQ+MFxE+QFxE,family=binomial(link="logit"));summary(m)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.6129	-0.7798	-0.4073	0.9015	1.9785

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-4.185e+00	1.127e+00	-3.712	0.000206	***
dados\$SMQ	2.971e-03	9.394e-04	3.163	0.001560	**
dados\$SQQ	1.876e-03	8.961e-04	2.094	0.036295	*
dados\$MFxE	-2.774e+01	9.276e+00	-2.991	0.002780	**
dados\$QFxE	2.265e+01	7.639e+00	2.966	0.003022	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

