

FACHADAS REFLETIVAS

INFLUÊNCIA SOBRE AS EDIFICAÇÕES DO ENTORNO



ACADÊMICA: ANA CAROLINA ZAGO
ORIENTADOR: FERNANDO SIMON WESTPHAL

2019.2

FACHADAS REFLETIVAS

INFLUÊNCIA SOBRE AS EDIFICAÇÕES DO ENTORNO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Departamento de **Arquitetura e Urbanismo**

Acadêmica: Ana Carolina Zago

Orientador: Fernando Simon Westphal

AGRADECIMENTOS



Dedico estes agradecimentos primeiramente aos meus pais, Fátima e José, que abdicaram de muito para priorizar os sonhos de seus filhos. Nunca mediram esforços para garantir educação de qualidade, e sempre nos apoiaram em nossas decisões. Pai e mãe, obrigada por todo suporte, amor, carinho e paciência que dedicam a nós, amo vocês.

Registro minha gratidão ao meu irmão Luiz Fernando, que insistiu e me encorajou a sair de casa para realização do sonho de estudar na Universidade Federal de Santa Catarina. Obrigada por acreditar em mim e pela paciência durante os meses de adaptação, amo-te.

Esse momento também não seria possível sem o apoio de meu namorado Douglas, que vivenciou de perto as vitórias e os tropeços ao longo do curso. Obrigada por seu companheirismo, pelos puxões de orelha, pelos abraços reconfortantes e, principalmente, por levantar minha cabeça quando pensei em desistir. Carrego você em meu coração.

Aos velhos e novos amigos, saibam que lhes tenho muito apreço. Aos guerreiros da rotina do curso, meu muito obrigada pela parceria, pelas risadas e reflexões. Duda, Fernanda e Vanessa, "tá" acabando, força! Priscila, Géssica e Izabella, obrigada pelo ombro amigo e as contribuições para que esse trabalho chegasse ao "fim" (porque achamos que nunca termina né?).

Agradeço também a equipe Ene Consultores pela oportunidade, pela troca de conhecimentos, pela paciência e também o apoio durante os anos finais da graduação. Os desafios dos trabalhos cotidianos, enriqueceram minha experiência como futura arquiteta e urbanista e complementaram minha formação. Obrigada!

Ao orientador Fernando Westphal do aceite às orientações, das risadas aos puxões de orelha, este trabalho se materializou pelo esforço mútuo. Obrigada por me guiar e me ensinar, e por não me deixar na mão. Agradeço também à Natália, que sempre esteve à disposição para sanar dúvidas seja sobre o software ou relacionados a complexidade do problema.

Por fim, registro meu apreço pela Universidade Federal de Santa Catarina que me acolheu e me formou não só como futura arquiteta e urbanista, mas como uma pessoa melhor. Aqui expandi minha relação de respeito às diferenças e desenvolvi avaliações auto-críticas que fazem rever minhas atitudes como ser humano. Obrigada!

RESUMO

Edifícios com fachadas envidraçadas têm se popularizado no mundo entre os mais variados contextos climáticos. Para controlar o ganho de calor através destas envoltórias e viabilizar a construção em climas tropicais, a indústria vidreira diversificou seus produtos com vidros que potencializam as reflexões dos raios solares para o exterior. Sabe-se que os raios solares são compostos também por raios luminosos, cuja reflexão excessiva pode contribuir com o ofuscamento. Nesse contexto, considerando que a reflexão excessiva de brilho pode comprometer o bem-estar de um indivíduo, este trabalho propõe avaliar e quantificar o ofuscamento por meio de simulação computacional e do índice DGP (Daylight Glare Probability), para um estudo de caso em Florianópolis. Foram simuladas situações com vidros que variam a reflexão luminosa externa no edifício envidraçado, e vidros com diferentes transmissões luminosas no edifício do entorno. Os resultados obtidos revelam a contribuição da fachada refletiva para ocorrência de ofuscamento perceptível em uma sala comercial de um prédio vizinho. Com intuito de amenizar esta condição foram avaliadas quatro medidas mitigadoras que alteram os materiais da fachada ou a morfologia, ou incorporam elementos de proteção. As alterações com maior eficiência na amortização do DGP foram as direcionadas aos aspectos formais e ao sombreamento.

Palavras-chave: Fachadas envidraçadas. Ofuscamento. Contexto urbano. Prédios vizinhos. Medidas mitigadoras.

ABSTRACT

Buildings with glazing facades have become popular in the world among the most varied climatic contexts. In order to control heat gain through these envelopes and make construction in tropical climates feasible, the glass industry has diversified its products with glass that enhances the reflections of the sun's rays to the outside. It is known that the sun's rays are also composed of luminous rays, whose excessive reflection can contribute to glare. In this context, considering that the excessive reflection of brightness can compromise the well-being of an individual, this work proposes to evaluate and quantify glare through computational simulation and the DGP (Daylight Glare Probability) index, for a case study in Florianópolis. Situations were simulated with glasses that vary the external light reflection in the glazed building, and glasses with different light transmissions in the surrounding building. The results reveal the contribution of the reflective facade to the occurrence of noticeable glare in a commercial room of a neighboring building. In order to soften this condition, four mitigating measures were evaluated that modify the facade materials or the morphology, or incorporate protection elements. The most efficient changes in the amortization of the DGP were those directed to formal aspects and shading.

Keywords: Glazing facades. Glare. Urban context. Neighbor buildings. Mitigating measures.

Carga térmica: quantidade de calor que deve ser retirada ou fornecida a um local ou sistema, por unidade de tempo, objetivando a manutenção de determinadas condições térmicas (MENEZES, 2005).

Contraste: definido pela relação entre luminância (brilho) de um objeto e a luminância do entorno imediato deste objeto. Quanto maior a diferença entre essas luminâncias, maior será o contraste (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

DGP (Daylight Glare Probabiliy): Probabilidade de Ofuscamento é um índice que mede a probabilidade de uma pessoa ser perturbada a partir do brilho refletido. É o índice mais utilizado atualmente para avaliar ofuscamento. Valores abaixo de 35% caracterizam ofuscamento imperceptível, e acima de 45% intolerável (WIENOLD, 2009):

Fator solar: é a soma do calor da atmosfera por transmissão solar direta, mais a transmissão indireta dos corpos aquecidos pelo sol (ABNT, 2020).

Onde:

$$DGP = c_1 E_v + c_2 \log \left(1 + \sum_i \frac{(L_{s,i}^2 \cdot \omega_{s,i})}{E_v^{1.87} \cdot P_i^2} \right) + c_3$$

c_1 – Constante (5.87×10^{-5})
 E_v – Iluminância vertical na altura dos olhos [lux];
 c_2 – Constante (9.18×10^{-2})
 L_s – Luminância emitida pela fonte [cd/m^2];
 ω_s – Ângulo sólido da fonte;
 P – índice da posição.
 c_3 – Constante (0.16)

Iluminância: razão entre o fluxo luminoso incidente em um elemento de superfície que contém o ponto dado, para a área desse elemento (ABNT, 1991).

Ofuscamento: condição de visão da qual há desconforto ou redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devido a distribuição desfavorável das iluminâncias culminando com contraste excessivo. Pode acontecer de forma direta - provocado pela geometria do ambiente visual, ou de forma indireta - causado pela reflexão de fontes de luz numa superfície polida (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Refletância à radiação solar: quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005).

Reflexão especular: porção da luz refletida como um em uma direção específica (reflexão vetorial). Está associada a rugosidade e brilho do material, quanto mais rugoso e fosco, menor será a parcela de reflexão especular e maior será a parcela de reflexão difusa (SUK; SCHILLER; KENSEK, 2017).

Reflexão difusa: porção da luz refletida como difusamente, ou seja, para várias direções (espalhamento da luz) (SUK; SCHILLER; KENSEK, 2017).

Reflexão luminosa externa: parcela de luz refletida pela face externa do vidro (CEBRACE, 2019).

Transmissão especular: porção da luz transmitida como um feixe luminoso unidirecional, sem espalhamento (MEAD, 2010).

Transmissão difusa: porção da luz transmitida difusamente, de maneira espalhada (MEAD, 2010).

Transmissão luminosa: percentual da luz incidente que é transmitida para um ambiente ao passar pelo vidro.

UDI (Useful Dayligh Illuminances): Iluminâncias Úteis é um índice definido como a ocorrência anual de iluminâncias no plano de trabalho, onde todas as iluminâncias estão entre 100 lux e 2000 lux. Esses limites são baseados no comportamento de indivíduos em escritórios iluminados e com dispositivos de sombreamento controlados pelo usuário.

Abreviaturas e siglas

ABES – Atlas Brasileiro de Energia Solar

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMC – Área Mista Central

BCA – Building and Construction Authority

DGP – Daylight Glare Probability

PMF – Prefeitura Municipal de Florianópolis

Re – Reflexão luminosa externa

TL – Transmissão luminosa

UDI – Useful Daylight Illuminances

1. INTRODUÇÃO.....	7	4. RESULTADOS E MEDIDAS MITIGADORAS.....	34
1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	8	4.1. TRANSMISSÃO LUMINOSA.....	35
1.2. JUSTIFICATIVA.....	9	4.2. REFLEXÃO LUMINOSA EXTERNA.....	35
1.3. OBJETIVOS.....	11	4.3. RESULTADOS.....	36
1.3.1. Objetivo geral.....	11	4.4. MEDIDAS MITIGADORAS.....	39
1.3.2. Objetivos específicos.....	11	4.4.1. Materiais.....	39
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12	4.4.2. Morfologia.....	41
2.1. APLICABILIDADE E EVOLUÇÃO DO VIDRO.....	13	4.4.3. Sombreamento.....	42
2.2. TIPOS DE VIDRO.....	14	4.4.4. Aplicações existentes.....	44
2.3. O VIDRO NA ARQUITETURA.....	15	5. CONCLUSÃO.....	46
2.3.1. Modernismo e a estética do vidro.....	15	REFERÊNCIAS.....	47
2.3.2. Relação com o desempenho energético.....	17		
2.4. NORMALIZAÇÕES.....	18		
2.4.1. Cenário internacional.....	18		
2.4.2. Cenário nacional.....	19		
2.5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20		
3. METODOLOGIA.....	22		
3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DO MODELO.....	23		
3.1.1. Local de estudo.....	23		
3.1.2. Parâmetros urbanísticos.....	23		
3.1.3. Edificação de análise.....	25		
3.1.4. Entorno e cenários de análise.....	26		
3.2. CONTEXTO CLIMÁTICO.....	29		
3.3. DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES DE OFUSCAMENTO.....	30		
3.3.1. Grasshopper e plug-ins.....	30		
3.3.2. Fachadas envidraçadas e as reflexões sobre o entorno.....	30		
3.3.3. Configuração dos vidros refletivos.....	31		
3.3.4. Simulação anual de ofuscamento.....	32		
3.3.5. Simulação baseada em imagem.....	33		

1

INTRODUÇÃO

O capítulo introdutório apresenta a problematização das fachadas refletivas e sua relação com o entorno, seguida pela justificativa com o intuito de demonstrar a relevância do estudo realizado através da apresentação de dados, exemplos e potenciais problemas associados a fachadas reflexivas. São apresentados também os objetivos do trabalho.

1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Com a necessidade de construções mais sustentáveis que priorizem a redução no consumo de energia e a emissão de gases do efeito estufa, arquitetos e engenheiros se reinventam a fim de otimizar seus projetos e os tornar mais eficientes. Para isso, utilizam-se medidas mitigadoras que incorporam desde o design e métodos construtivos mais conscientes, até a escolha de revestimentos que potencializem as perdas de calor ou a distribuição de iluminação natural, por exemplo.

Nesse contexto, um dos materiais que se destacam por sua versatilidade, transparência é o vidro. Aliado da iluminação natural, edificações com grandes áreas envidraçadas tem se internacionalizado na arquitetura não residencial nas mais variadas condições climáticas. Contudo, no que diz respeito à eficiência energética, quanto maior a área de abertura, maior o ganho de calor por irradiação solar, portanto, o envidraçamento pode representar um problema quanto ao aumento de carga térmica de uma edificação, principalmente em regiões de climas tropicais como no Brasil (ANDREIS; BESEN; WESTPHAL, 2014).

O comprometimento dos profissionais para com o projeto de edifícios menos poluentes e mais eficientes energeticamente, contribui com a opção por materiais mais refletivos no revestimento de fachadas. Desta forma, com o intuito de equilibrar o conforto térmico e lumínico dos ambientes internos, com base no princípio de reflexão, cores claras, revestimentos especulares, películas espelhadas e vidros refletivos passaram a integrar as envoltórias como meio de minimizar os ganhos de calor através da potencialização da reflexão da radiação solar para o exterior. Os vidros refletivos se destacam devido a permeabilidade visual, que permite a conexão com o exterior através da paisagem; aliado ao potencial de reflexão, que auxilia na redução em aproximadamente dois terços dos ganhos de calor, quando comparado ao vidro incolor, de maneira a otimizar a performance energética de edificações (WESTPHAL, 2016).

Ao aplicar materiais refletivos na envoltória, não apenas o calor proveniente da radiação solar será refletido, mas também parte da luz. O vidro incolor, por exemplo, é capaz de refletir 8% da luz incidente, mas atualmente, já existem no mercado nacional vidros com refletância luminosa superior a 30%. Os vidros refletivos vêm sendo comercializados em larga escala no Brasil, e são aplicados em todas as orientações de fachadas, parcialmente ou totalmente, na maioria dos casos, sem um estudo prévio sobre o comportamento das reflexões para o exterior e o impacto sobre o entorno (CEBRACE, 2019).

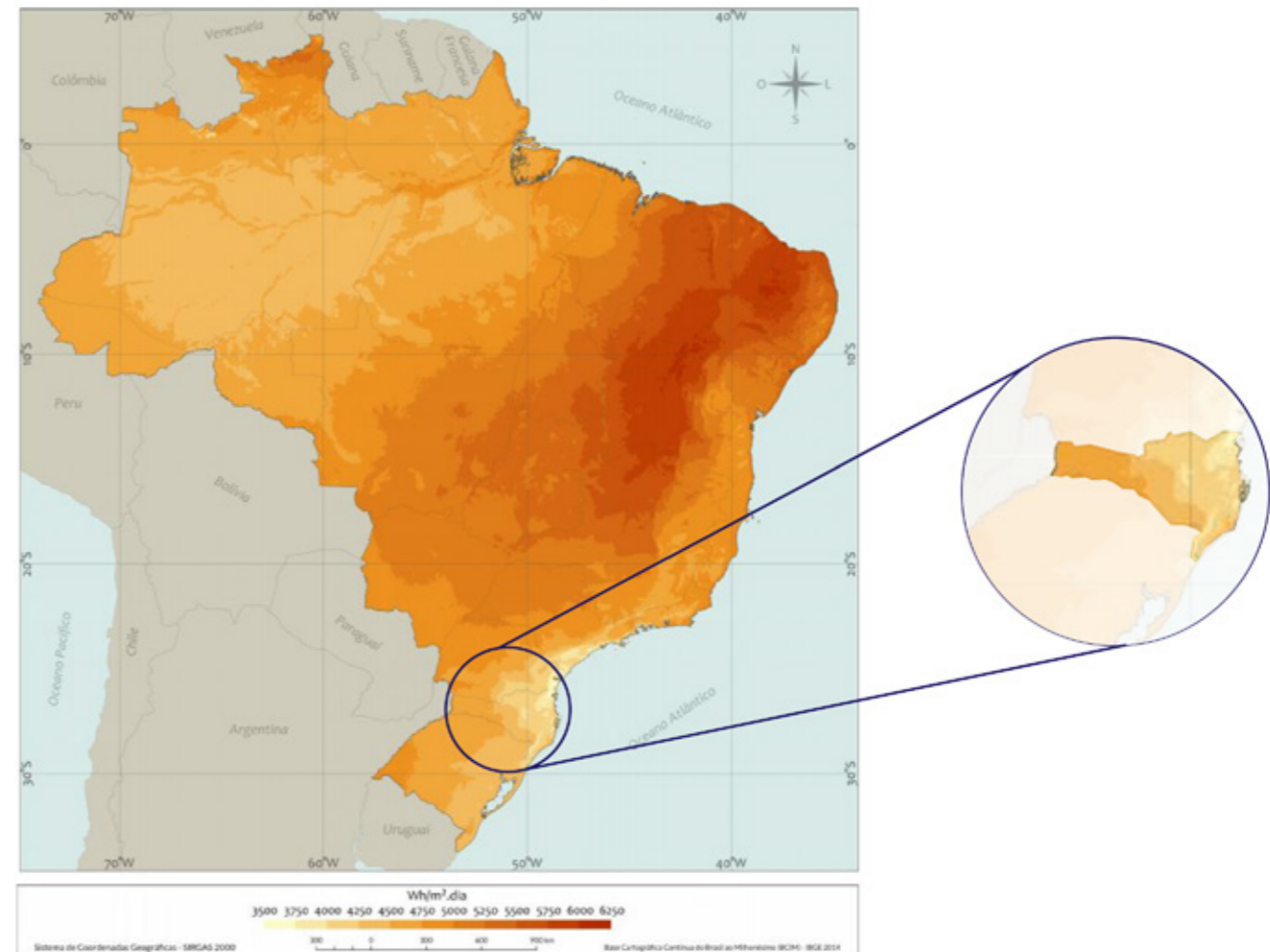


Figura 2: Mapa de irradiação média anual. Fonte: ABES (2017).

Mesmo com tantos casos de fachadas envoltas por vidro que geraram problemas para edificações vizinhas, a única cidade brasileira que dispõe de normalização sobre fachadas envidraçadas é Santos. Fato é, que um país com irradiação média anual de 6,25 KWh/m².dia (Figura 2), segundo dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (ABES) (2017), deveria dispor de políticas ou medidas cautelares mais eficientes sobre o assunto. A exemplo, um caso bastante conhecido mundialmente é o do condomínio Museum Tower (Figura 3), em Dallas nos Estados Unidos, que também não dispõe de legislação. A envoltória do edifício reflete um brilho excessivo sobre o Centro de Escultura Nascher, causando ofuscamento e sobreaquecimento em ambientes internos, além de danificar obras de arte em exposição (ABDELWAHAB; ELHUSSAINY; LABIB, 2019).

1.2. JUSTIFICATIVA

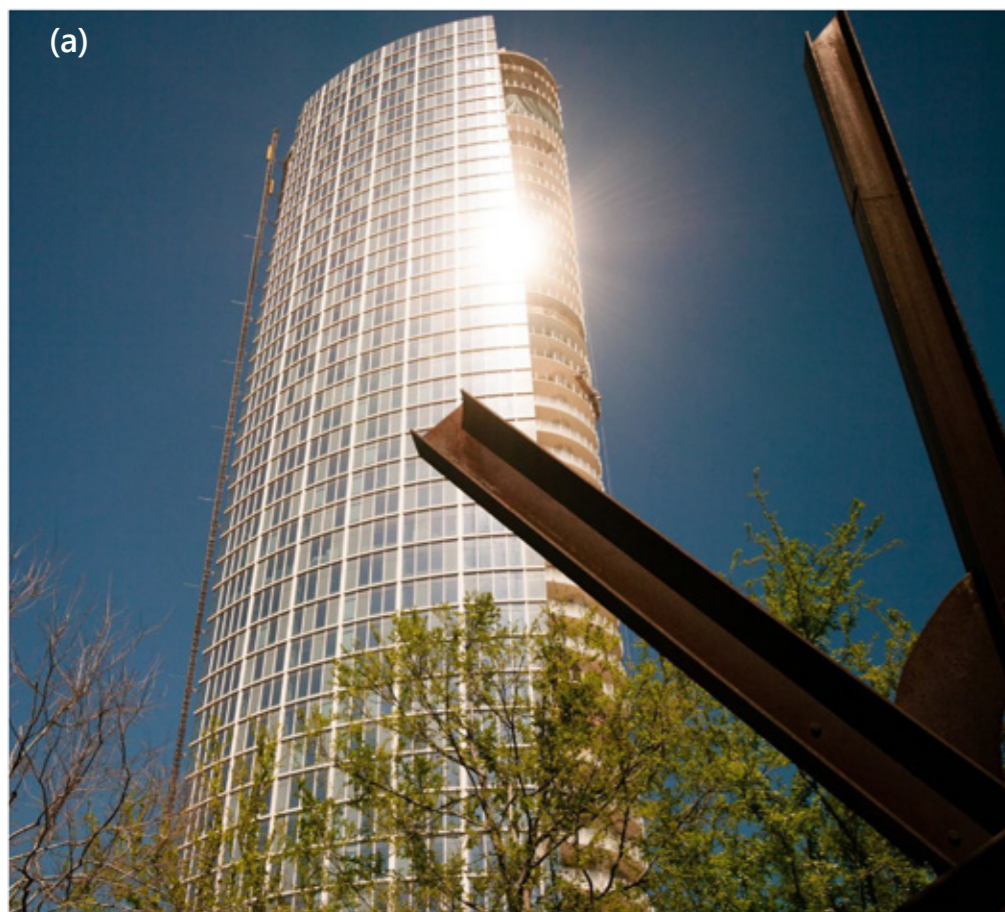


Figura 3: (a) Museum Tower (b) Incidência da luz refletida pela torre envidraçada no interior do Museu. Fonte: Archdaily (2015).

Segundo Westphal (2016), estima-se que cerca de 70% da produção total de vidros é usada na construção civil no Brasil, principalmente em novos edifícios ou renovação de fachadas. Não à toa é notável o crescente número de edificações com fachadas reflexivas pelas cidades brasileiras. Fato é que os edifícios vitrines tem um grande potencial para refletir a radiação e luz solar, podendo causar ofuscamento de modo a gerar um desconforto visual a ponto de perturbar ou impedir que uma pessoa realize suas atividades.

Dentre as cidades brasileiras em que a estética do vidro se multiplica, destaca-se Florianópolis. Entre as décadas de 50 e 70, a capital catarinense vivenciou o início da verticalização e a construção de arquiteturas modernistas que incorporaram as fachadas grandes aberturas em fita como o Edifício das Diretorias no Centro (Figura 4), pioneiro desse processo na cidade (CORRÊA; KRONENBERGER; SABOYA, 2016).

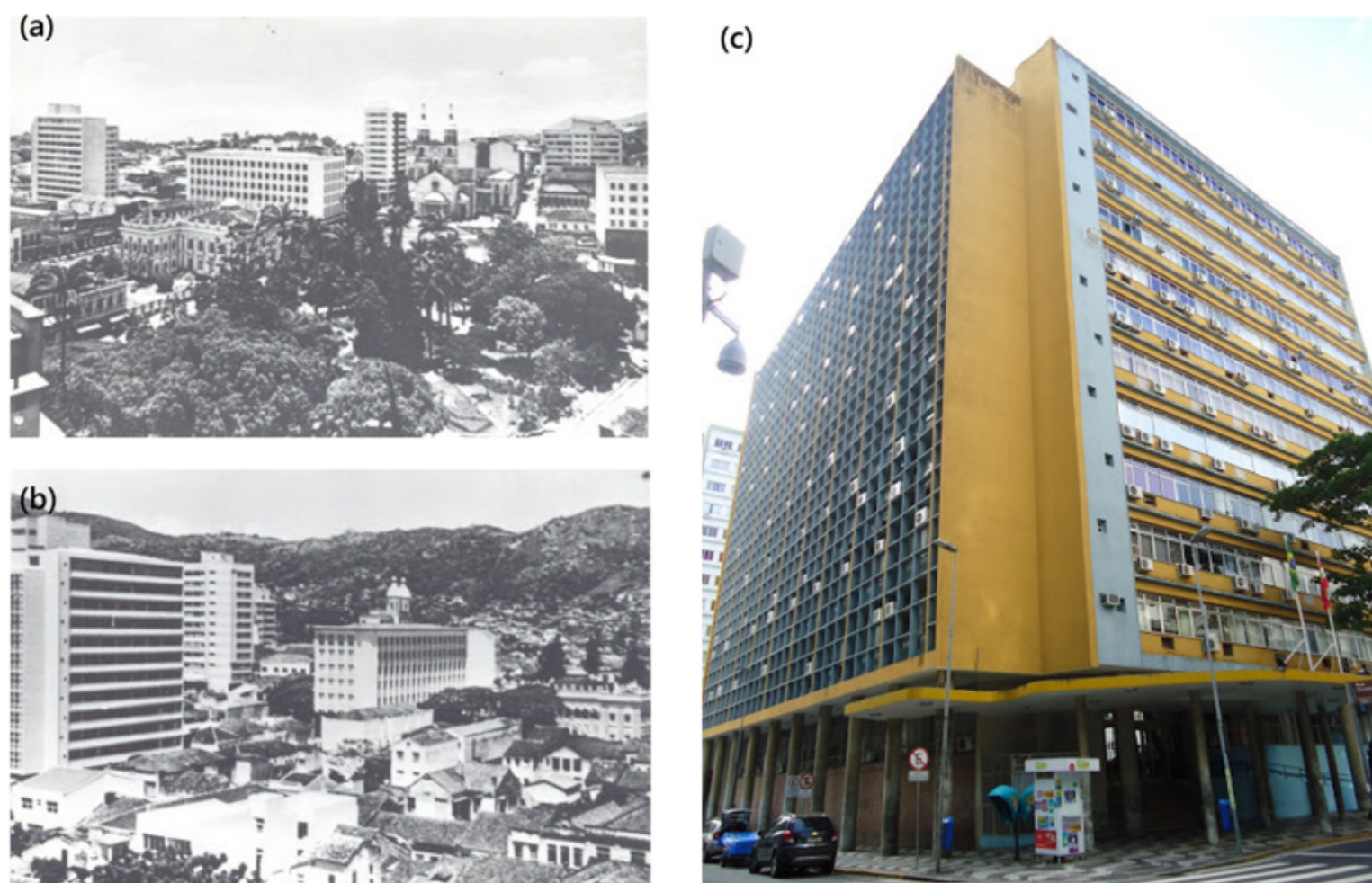


Figura 4: (a) No canto superior esquerdo, Prédio das Diretorias em 1961. (b) Perspectiva aproximada do Prédio das Diretorias em 1961, à esquerda. (c) Prédio das Diretorias atualmente. Fonte: SANTA CATARINA ANTIGA (2013).

1.2. JUSTIFICATIVA



Figura 5: Edificações de empresas do ramo da tecnologia em Florianópolis. (a) Sede da Softplan no Sapiens Park em Florianópolis (SC). (b) Sede da Engie Florianópolis na Beira-Mar Norte. (c) Sede da Resultados Digitais no bairro Monte Verde em Florianópolis (SC). Fonte: Acervo pessoal (2020).

O vidro que se tornou símbolo de modernidade e inovação, atualmente incorpora a estética hightech contemporânea. Em Florianópolis, as fachadas envidraçadas estão presentes em prédios residenciais, institucionais, comerciais e empresariais, principalmente do ramo da tecnologia, conforme ilustrado na Figura 5. Considerando o contexto climático e a disponibilidade solar da ilha, estas arquiteturas recorrerem muitas vezes aos vidros de controle solar ou películas refletivas com o intuito de controlar a entrada de luz e calor. O problema associado à essa medida está ligado ao fato de que novas edificações são ou podem ser implantadas em áreas consolidadas, com edificações antigas com vidros menos eficientes em comparação aos utilizados atualmente. A Figura 6, remonta um exemplo de fachada envidraçada inserida em um contexto histórico no centro de Florianópolis.

Portanto, é necessário estudar a relação de fachadas envidraçadas com o entorno, a fim de avaliar seu potencial para ofuscamento. Desta forma, é possível propor medidas mitigadoras para minimizar os riscos associado à reflexão de brilho excessivo para o trânsito, para a qualidade visual dos usuários de prédios vizinhos ou transeuntes em calçadas, bem como manter a qualidade das edificações históricas, já que a reflexão de brilho excessivo sobre estas arquiteturas pode causar danos construtivos.



Figura 6: Prédio de estacionamentos com fachada envidraçada em meio ao contexto histórico no centro de Florianópolis. Fonte: Acervo pessoal (2020).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Avaliar a influência e propor medidas mitigadoras para as reflexões oriundas das fachadas envidraçadas de um edifício de escritórios sobre o entorno, por meio de simulação computacional a fim de quantificar o nível de ofuscamento provocado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinação dos índices de reflexão luminosa dos vidros refletivos de acordo com os produtos disponíveis no mercado.
- Determinação dos índices de transmissão luminosa de vidros (refletivos ou não) de acordo com os produtos disponíveis no mercado.
- Avaliar por meio de simulação, o potencial de ofuscamento dos vidros refletivos.
- Observar a relação da reflexão luminosa dos vidros e a existência de ofuscamento, com a transmissão luminosa dos vidros dos edifícios do entorno.
- Propor medidas mitigadoras na arquitetura para controlar o ofuscamento sobre o entorno.

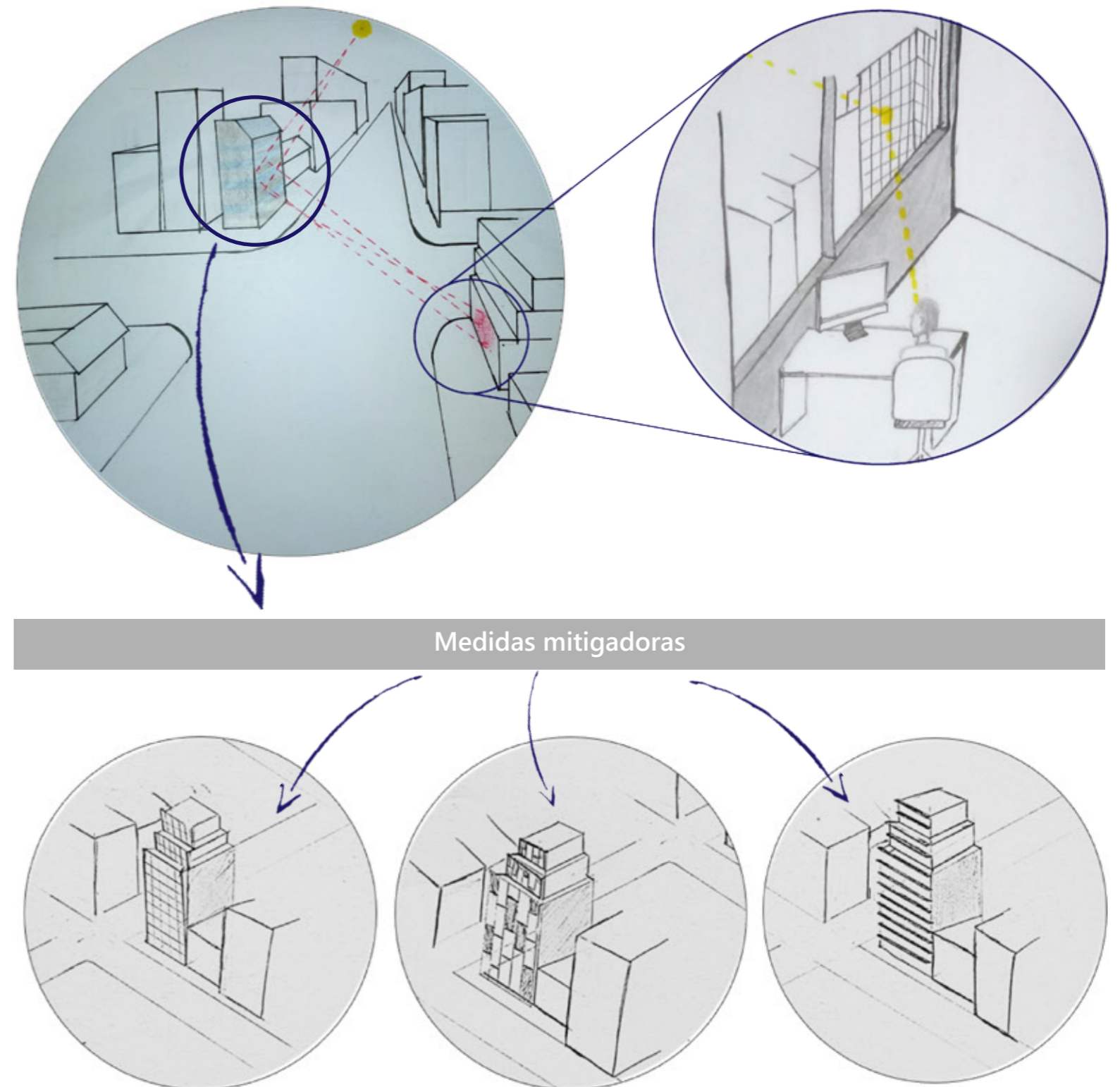


Figura 7: Ilustrações esquemáticas sobre a problemática e objetivos. Fonte: Elaboração própria (2020).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo compreende a revisão da literatura. Primeiramente é apresentada uma breve evolução da fabricação e aplicabilidade do vidro, seguido pelos tipos de vidro disponibilizados pelo mercado, e posteriormente sua relação com a arquitetura. Na sequência, o capítulo faz um apanhado sobre normalizações internacionais e nacionais que regulamentam a reflexão de fachadas ou o percentual de abertura.

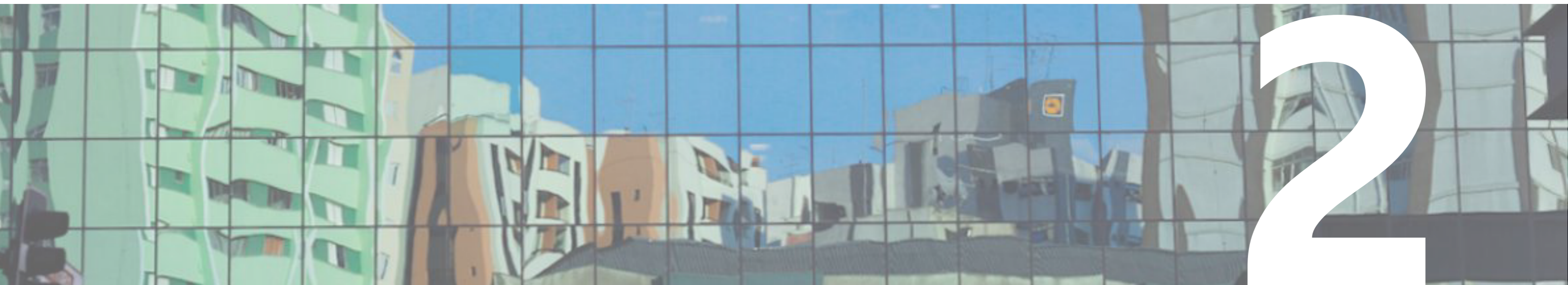


Figura 8: Reflexo da cidade por meio de vidro refletivo. Fonte: VITIMINAS (2016).

2.1. APLICABILIDADE E EVOLUÇÃO DO VIDRO

Os maiores indícios de utilização do vidro datam de 2500 a.C. na Mesopotâmia e no Egito, local onde teve início a fabricação intencional. A produção era destinada a artigos decorativos, formulados a partir de uma mistura de sílica e carbonato de cálcio com aditivos corantes. Em meados dos anos 2000 a.C., a invenção síria do tubo de sopro permitiu um rápido aumento na produção e utilização de artigos de vidro. O tubo de sopro difundiu-se pelo Império Romano, onde o uso de vidro em edificações foi revelado (KURKJIAN; PRINDLE, 2005).

A pasta viscosa de vidro fundido, areia polvilhada de coloração verde azulada e pouco transparente dos romanos foi aperfeiçoada durante o século XIX com o forno de fusão. Entre o fim do século XIX e início do século XX, o processo de fabricação foi mecanizado e patenteado nos Estados Unidos em 1905, com um método baseado no estiramento da massa de vidro entre cilindros polidos. O vidro float, tal qual o atual, originou-se na década de 1950 a partir da fabricação por flutuação da massa vítrea sobre um banho de estanho (CEBRACE, 2014).



Figura 9: (a) Garrafa egípcia anos 900 a.C. (b) Jarro romano. Fonte: CORNING MUSEUM OF GLASS (2019).



Figura 10: Panos de vidro de fabricação americana entre os anos 1850 e 1900. Fonte: Corning Museum of Glass (2019).

2.2. TIPOS DE VIDRO

O mercado brasileiro disponibiliza chapas padrão de vidro plano nas tonalidades incolor, verde, bronze e cinza e com espessuras que variam de 2 a 19 mm, aplicados a indústria automotiva e de decoração, respectivamente. A Tabela 1 apresenta a classificação dos vidros empregados na construção civil quanto sua fabricação:

Tabela 1: Classificação dos vidros conforme sua fabricação.

Tipos de vidro	Descrição
Aramado (a)	Incorpora uma tela metálica à massa vítrea derretida, sendo mais resistente do que a chapa de vidro comum. É considerado um vidro de segurança e antifogo.
Controle Solar (b)	Possuem um tratamento superficial com revestimento metálico que filtra parte do espectro solar para minimizar o ganho de calor. Possui um aspecto refletivo ou escurecido.
Espelho	Vidro float com camadas metálicas de prata, alumínio ou cromo, protegidas por uma camada de tinta.
Float colorido (c)	São transparentes com leve coloração em sua massa, verde bronze ou cinza. Capaz de absorver parte da radiação solar, reduzindo sua transmissão para o interior do ambiente.
Extra clear (d)	Vidro com baixo teor de óxido de ferro, extremamente transparente, sem o tom esverdeado comum aos vidros incolores, possui alta transmissão luminosa.
Float incolor (d)	Vidro float comum ou recozido- aquele que não recebeu nenhum tipo de beneficiamento. Submetido ao recozimento para evitar a tensão residual do vidro.
Impresso (e)	Vidro plano, translúcido, incolor ou colorido, obtido por fundição ou laminação contínuas, e que apresenta, sobre uma das faces, um desenho impresso.

Fonte: CEBRACE (2019); NBR NM 294 (2004); NBR 16023 (2011); WESTPHAL (2016).

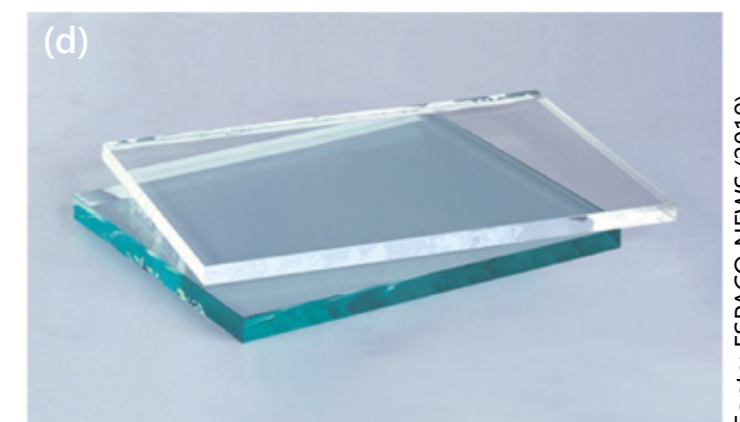
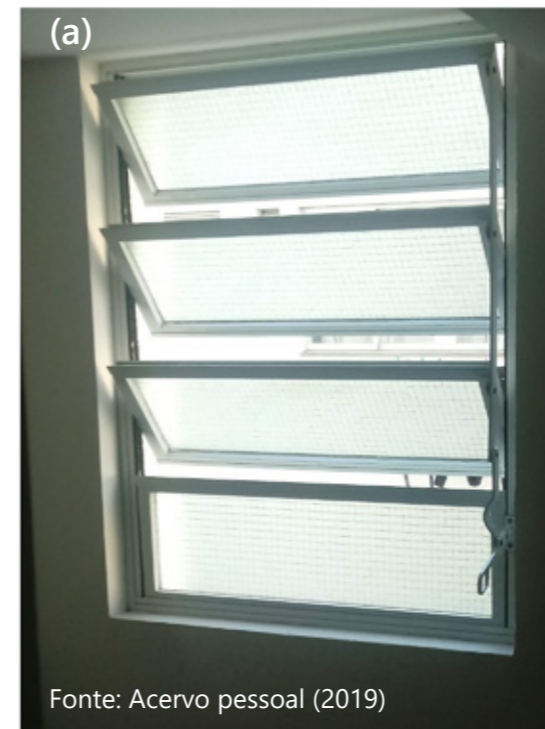


Figura 11: Tipos de vidro.

2.3. O VIDRO NA ARQUITETURA

Durante a Idade Média até o século XVII o vidro era exclusividade de igrejas e monastérios. Tratava-se de um produto de fabricação ainda difícil e, portanto, com alto valor agregado, símbolo de poder e riqueza. Mesmo com a guinada em sua produção durante o século XVIII, esse material ainda era acessível a uma parcela limitada da população. Foi a partir da Revolução Industrial no século XIX que o processo de fabricação do vidro evoluiu, culminando com o barateamento do material e consequente ampliação da sua utilização.

Em 1851, com o intuito de abrigar a Exposição Universal de Londres, Joseph Paxton projetou o Palácio de Cristal, um pavilhão estruturado em aço que incorporou aos fechamentos externos 84.000m² de vidro. O envelope completamente envidraçado foi pioneiro, protagonizando um marco para arquitetura mundial. Desde então, o emprego do vidro às edificações se popularizou, atingindo seu auge durante o Modernismo (CEBRACE, 2014; McQUIRE, 2003; NORDSTÖM, 2017).

2.3.1. Modernismo e a estética do vidro

A industrialização, a prática do cientificismo e o raciocínio lógico culminaram com o início do Modernismo no século XX. Na arquitetura, esse movimento se traduziu sobretudo ao purismo e racionalidade formal, com rejeição ao tradicionalismo e a ornamentação. O advento do aço permitiu estruturas independentes, que possibilitaram *layouts* com plantas abertas, fachadas livres e janelas em fita, três dos cinco pontos da nova arquitetura, publicados por Le Corbusier na revista *L'Esprit Nouveau* em 1926 (DENISON, 2014).

As janelas em fita, estreitaram a barreira público-privado, e a paisagem exterior passou a compor a arquitetura interna como um quadro emoldurado pela esquadria. Não só a independência estrutural, mas também graças ao vidro, essa configuração foi possível. Durante o Estilo Internacional, o vidro conquistou a estética das fachadas do mundo como sinônimo de riqueza, de tecnologia e de progresso (SIMPSON, 2013).

Entretanto, a internacionalização dos edifícios-vitrines não se atentou ao contexto climático. A implantação em climas tropicais, fez com que estes edifícios se tornassem verdadeiras estufas. Então, sua construção em locais característicos se apoiou no condicionamento de ar para refrigerar os ambientes internos (MARTINS; CABÚS, 2016).

Por meio do Infográfico apresentado na página seguinte, é possível visualizar a evolução das fachadas envidraçadas no Brasil e no mundo, a partir do pioneiro Palácio de Cristal.

Infográfico 1: Evolução das fachadas refletivas

1851

Office Building Project – Berlim (ALE)

Projeto do primeiro arranha-céu com pele de vidro, com autoria de Mies Van der Rohe (MOMA, 2014).



ARCHDAILY, 2014.

Casa de Vidro – São Paulo (SP)

Projetada por Lina Bobardi, foi edificada segundo os cinco pontos da arquitetura moderna, estruturada em aço com amplas aberturas de vidro (ARCHDAILY, 2011).



ARCHDAILY, 2011.

“Walkie Talkie” - Londres (ING)

O edifício com fachada côncava envidraçada provocou o derretimento das partes plásticas de um carro (G1, 2015).



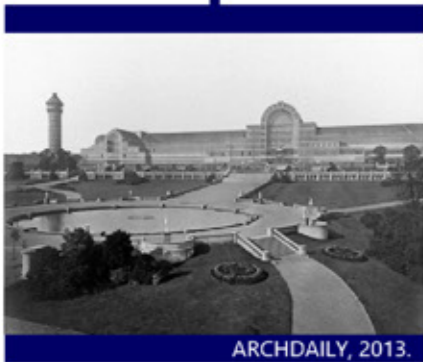
G1, 2015.

1945

1919

Palácio de Cristal – Londres (ING)

Arquitetura pioneira com envoltória toda envidraçada.



ARCHDAILY, 2013.

Ministério da Educação e Saúde - Rio de Janeiro (RJ)

Símbolo do modernismo no Brasil, o projeto liderado por Lúcio Costa foi o primeiro edifício com uma fachada inteiramente de vidro (O GLOBO, 2012).



IPHAN, 2019.

1951

1961

Edifício das Diretorias – Florianópolis (SC)

Manifestação moderna pioneira em Florianópolis (CORRÊA; KRONENBERGER; SABOYA, 2016).



ARQUITETURA PATRIMÔNIO E HISTÓRIA, 2016.

2013

2018

Skyline de São Paulo (SP)

Os edifícios envidraçados tem se replicado na cidade do concreto aparente (ARCHDAILY, 2018).



ARCHDAILY, 2018.

2.3.2. Relação com o desempenho energético

Com a finalidade de minimizar os ganhos de calor através da envoltória e manter a integridade do design sem a utilização de aparatos de sombreamento, uma das soluções arquitetônicas encontradas foi a utilização de revestimentos reflexivos com alta capacidade de refletir a luz e a radiação solar para o exterior (vide comparação entre vidro comum e vidro refletivo na Figura 12). No entanto, ao resolver o problema de conforto ambiental interno, estas edificações passaram a interferir no conforto visual e térmico dos usuários do entorno ao refletirem um brilho excessivo. Desta forma, a especularidade dos materiais aplicados às fachadas tem sido questionada, uma vez que o mercado disponibiliza revestimentos altamente reflexivos, sem nenhum controle sobre sua aplicação, na maioria das vezes (SUK; SCHILER; KENSEK, 2017).

Neste sentido, estudos comprovam a relação das fachadas especulares com a alteração do clima urbano e sua contribuição para formação de ilhas de calor, bem como seu potencial para aumentar o risco de acidentes de trânsito e impedir a realização de tarefas. Logo, com a popularização dos fechamentos refletivos e o crescente adensamento urbano, as edificações vizinhas submetidas à reflexão da luz e da radiação solar advinda destas envoltórias, podem ter seu desempenho energético comprometido ao aumentar a carga térmica através radiação solar refletida, assim como ter o comprometimento da realização de atividades por parte dos indivíduos. Ainda, a situação pode se agravar em situações em que o edifício que recebe os raios refletidos não possui um vidro de qualidade. Neste caso, segundo Aboulnaga (2005), a reflexão pode causar fadiga, insônia, depressão e desordem aos usuários (HAN; TAYLOR; PISELLO, 2015; SUK; SCHILER; KENSEK, 2017).

Tendo em vista a popularização dos revestimentos refletivos, e os problemas a eles associados, existe uma preocupação quanto a sua aplicação, especialmente em climas tropicais como no Brasil. Isto porque trata-se de um país com uma média de radiação solar elevada, onde não há uma legislação específica para a refletividade dos materiais empregados às fachadas. Fato é que as discussões sobre reflexão e leis que regulamentem seu percentual, são recentes e, no mundo apenas dois países as possuem.

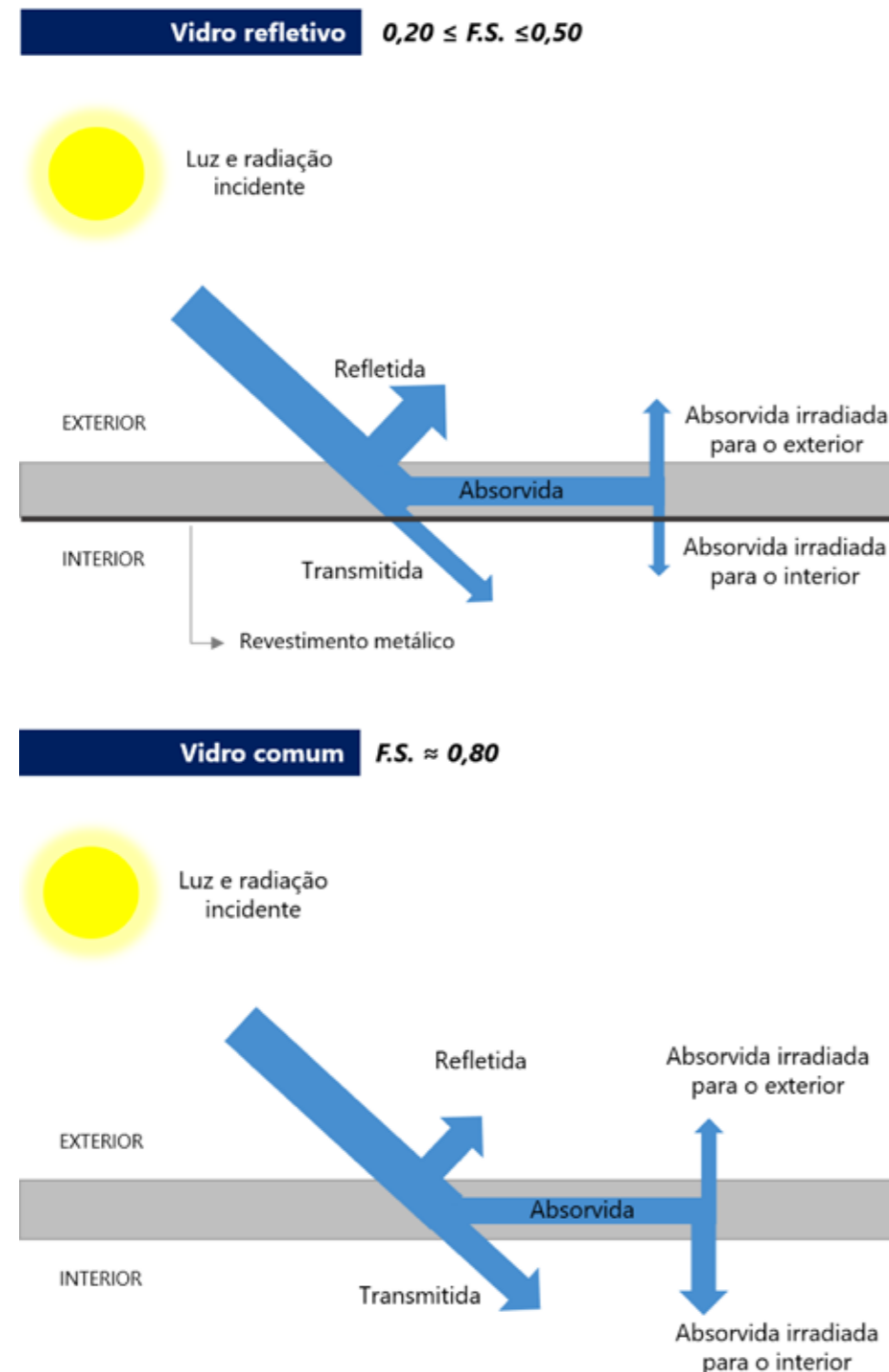


Figura 12: Comparação de transmissão e reflexão de radiação solar entre o vidro simples e o vidro refletivo. Fonte: Elaboração própria (2019).

2.4. NORMALIZAÇÕES

2.4.1. Cenário Internacional

Em 2013, ainda em construção, um prédio de fachada côncava, em Londres, refletiu os raios solares concentrados sobre um carro estacionado na rua Feenchurch, 20, derretendo algumas partes plásticas. O fato, que ficou conhecido mundialmente, levantou questionamentos quanto ao potencial de reflexão de fachadas e os perigos associados para o entorno urbano. A partir de então, iniciaram-se discussões sobre a necessidade da regulamentação para revestimentos da envoltória a partir de estudos sobre o fenômeno de reflexão e os índices de refletância (ZHU, J.; JAHN, W.; REIN, G. 2018).

Ainda que o caso “Walkie Talkie” (Figura 13) de Londres seja famoso, atualmente a capital britânica não dispõe de leis que regulamentem as refletâncias de fachadas. Por outro lado, países como a Austrália dispõe de regulamentação desde 1992. Atualmente, as cidades de Canberra, Melbourne, Brisbane limitam a refletância máxima do vidro em 20%, e a capital Sydney delimita os índices de refletância máximos em 20% para todos os materiais aplicados às fachadas (HAI, Teo Orh, 2015).



Figura 13: “Walkie Talkie” de Londres e esquematização da reflexão da radiação pela fachada. Fonte: ZHU, J.; JAHN, W.; REIN, G. (2018).

O mesmo acontece para cidade-Estado Cingapura. Desde 2004 existiam leis que delimitavam a refletância dos vidros em 20%, porém em entrevista para o portal StJobs o Ministro de Desenvolvimento Khaw Boon Wan já afirmava que “com um número crescente de desenvolvedores e arquitetos explorando o uso de materiais menos convencionais, alguma forma de verificação e equilíbrio é necessária para que o projeto não aconteça ao custo de conforto e segurança”. Então, em 2013 após a constatação do potencial de ofuscamento devido às propriedades de materiais utilizados para revestimentos externos e coberturas, o Building and Construction Authority (BCA), órgão responsável pela aprovação, gerenciamento e legislação de projetos, estendeu o limite da refletância de 20% para janelas, portas, paredes e telhados (HAI, Teo Orh, 2015).

O BCA aprofundou os estudos sobre a reflexão, principalmente acerca dos telhados (Figura 14) e em 2015, determinou então uma refletância máxima de 20%, porém a refletância especular não deve exceder os 10%. Portanto, atualmente, Cingapura configura-se como o país mais avançado em discussões e legislações sobre fachadas especulares e os riscos associados (HAI, Teo Orh, 2015).

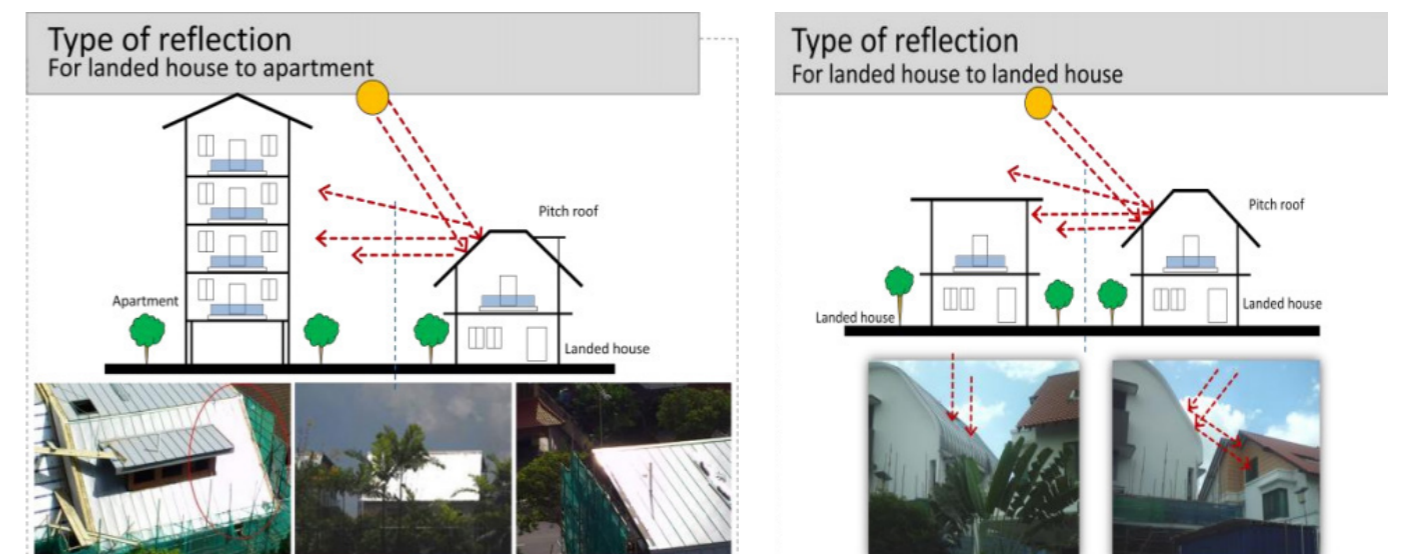


Figura 14: Estudos para fundamentação da legislação sobre fachadas e telhados refletivos de Cingapura. Fonte: ZHU, J.; JAHN, W.; REIN, G. (2018).

2.4. NORMALIZAÇÕES

2.4.1. Cenário Internacional

Recentemente, em entrevista coletiva para anunciar a implementação do NYC'S Green New Deal, um pacote de ações que visa tornar Nova Iorque uma cidade carbono neutro até 2050, o prefeito Bill de Blasio, defendeu a necessidade de uma lei a fim de proibir a construção de novos edifícios de vidro e aço que “[...] contribuíram muito para o aquecimento global”. A intenção é normalizar pré-requisitos de código de energia para obtenção de licença para construir, a fim de melhorar o desempenho dos edifícios futuros, reduzindo, conseqüentemente, os impactos ao meio ambiente (NYTIMES, 2019).

Na cidade, cujo skyline de grandes edifícios espelhados são um dos cartões postais (Figura 12), a afirmação repercutiu de forma polêmica, e preocupa o setor civil e mobiliário locais. Fato é que banir a utilização de aço e vidro pode ser contraditória, já que ambos os materiais são 100% recicláveis. A combinação deste sistema construtivo se destaca, portanto, na gestão de resíduos e na agilidade de construção quando compara a sistemas convencionais como a alvenaria e concreto armado.



Figura 15: Composição do skyline de Nova Iorque. Fonte: GAZETA DO POVO (2019).

2.4.2. Cenário Nacional

No Brasil, apenas a cidade de Santos possui legislação para fachadas envidraçadas, cuja qual proíbe sua utilização em edificações da orla da praia. A emenda no Artigo 35 do plano diretor do município determina que:

Art. 35-B: Fica vedada a utilização de superfícies contínuas de vidro que apresentem efeito refletivo, espelhado ou similar nas fachadas dos edifícios, excetuando-se as superfícies tratadas de modo a eliminar esse aspecto e condição (SANTOS, 2017).

Em vigor desde novembro de 2017, a lei complementar nº 988 foi proposta pelo vereador Benedito Furtado sob a justificativa de evitar a morte de pássaros. A medida se aplica às edificações construídas a partir da vigência da lei. Em entrevista ao jornal local A Tribuna (2017), o vereador instruiu as construtoras de novos edifícios a utilizarem vidros pintados, com nervuras, opacos ou superfícies envidraçadas inclinadas para que o animal seja capaz de identificá-las.

A legislação é questionável, já que não se sabe da existência de um estudo prévio ou estatísticas que comprovem a mortandade de pássaros associada às fachadas envidraçadas de Santos. Também, não se esclarece quais seriam as dimensões máximas para aberturas com vidro. E no que tange a medidas mitigadoras, não existe um manual com sugestões preventivas. Inúmeras cidades no mundo dispõem de guias construtivos para evitar o choque de pássaros, a exemplo Toronto no Canadá (TORONTO, 2016).

Também em 2017, a cidade paranaense de Curitiba realizou uma audiência pública para discutir com seus cidadãos a mortandade de pássaros associada às superfícies envidraçadas e a possibilidade de uma legislação, que não foi para frente (CURITIBA, 2017).

No estado do Rio de Janeiro o projeto de lei Nº 132/2019 propunha alternativas para evitar o choque de pássaros em fachadas envidraçadas (transparentes e refletivas). A proposta foi baseada nos estudos do pesquisador em ecologia e conservação Sandro Von Matter, também coordenador do Programa Nacional de Monitoramento Contínuo de Colisões de Aves. No entanto, o Poder Executivo vetou a lei por entender que fere a autonomia dos Municípios e seus Códigos de Postura (RIO DE JANEIRO, 2019).

Portanto, as legislações e discussões expostas tem o objetivo específico de evitar a mortandade de pássaros. Embora este problema também seja associado à fachadas vitrines, este tópico não é o foco do trabalho.

2.5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apesar da disseminação de fachadas refletivas pelo mundo, as políticas que visam controlar as reflexões oriundas da materialidade das envoltórias são raras. Mesmo as cidades que vivenciaram os problemas desencadeados pela refletividade do fechamento externo de alguns edifícios, como o “Walkie Talkie” em Londres, e o Walt Disney Concert Hall em Los Angeles, ainda não dispõe de regulamentações. Isto pode acontecer devido a falta de consenso da comunidade científica quanto aos limites aceitáveis de impactos visíveis e térmicos no contexto urbano (DANKS; GOOD; SINCLAIR, 2016).

Ainda assim, um método bastante utilizado por pesquisadores é o Daylight Glare Probability (DGP) ou seja, a probabilidade de brilho. O método desenvolvido por Wienold e Christoffersen (2006), considera a medida da iluminância vertical na altura dos olhos, a luminância e o ângulo sólido da fonte e a posição do observador. Wienold (2009) avançou os estudos sobre o DGP e chegou a valores limites que classificam o ofuscamento como imperceptível, perceptível e perturbador, conforme apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação do DGP.

DGP limite	Imperceptível	Perceptível	Perturbador	Intolerável
	≤ 0.35	≤ 0.40	≤ 0.45	$0.45 <$

Fonte: WIENOLD (2016), adaptado pela autora (2019).

Para Danks, Good e Sinclair (2016), como outras metodologias de desconforto, o DGP foi correlacionado com dados de pesquisa de indivíduos adaptados às condições internas de escritórios, e por isso seria limitador, sendo necessários estudos quanto sua aplicabilidade para indivíduos desempenhando outras tarefas ou em outros ambientes.

Com o intuito de entender a ocorrência e a origem do ofuscamento sobre uma torre de controle de um aeroporto, Jakubiec e Reinhart (2014) utilizaram a modelagem 3D, a simulação no *software* Radiance e a comparação com imagens HDR (High Dynamic Range) (Figura 16) para seus estudos. Os autores identificaram que a condição de ofuscamento ocorria para luminâncias acima de 30000 cd/m^2 , e também que a simulação de ofuscamento tem uma duração significativamente menor quando comparado a demais simulações de iluminação natural e pode ser aplicada a edificações com fachadas refletivas para identificar ou prever, em situações de projeto, a probabilidade de ofuscamento uma vez que os pontos de reflexão e a intensidade entre a simulação e as imagens são coerentes.

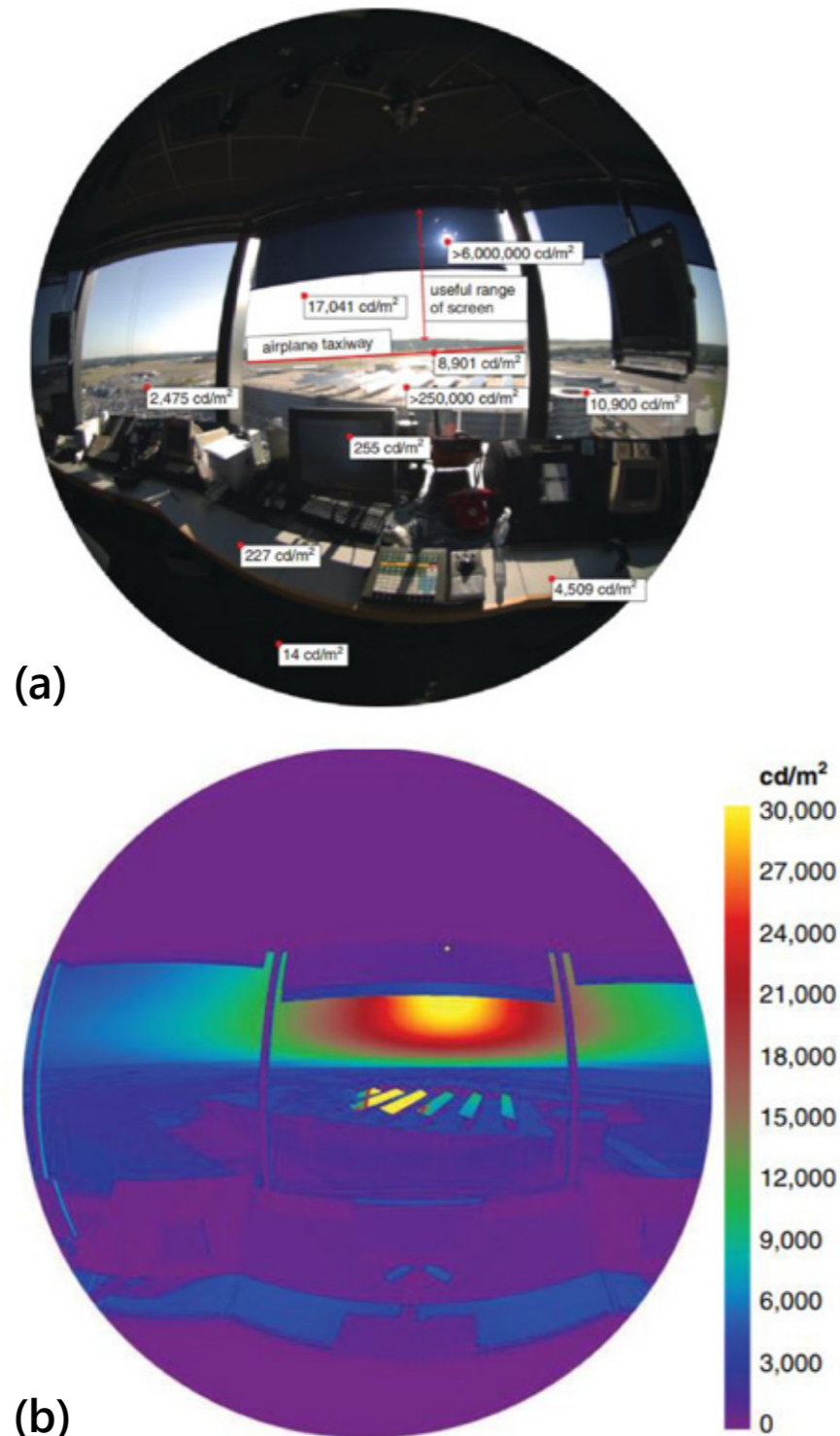


Figura 16: (a) Imagem HDR da sala de controle. (b) Imagem HDR com falsecolor do Radiance demonstrando a situação de ofuscamento. Fonte: JAKUBIEC, J. A.; REINHART, C. F. (2014).

Yang, Grobe e Stephen (2013) utilizaram a modelagem tridimensional no *software* Rhinoceros e *plug-in* Grasshopper. Com a função raio-traçado (*Raytrace*) do Radiance identificaram a direção dos raios refletidos pela edificação (Figura 17 (a)), e posteriormente realizaram simulação anual de ofuscamento (Figura 18 (b)). Através da análise do DGP e correlação com a quantidade de luz recebida, nos mesmos pontos, sua pesquisa pode levantar os pontos e horários críticos da reflexão dos raios solares, bem

como dimensionar o impacto dessa reflexão para o entorno. Entretanto, os autores não variaram os índices de refletância da fachada analisada, e portanto, não foi possível quantificar ou classificar a influência de diferentes índices de refletância de fachadas sobre a probabilidade de ofuscamento ou nível de iluminância nas edificações do entorno.

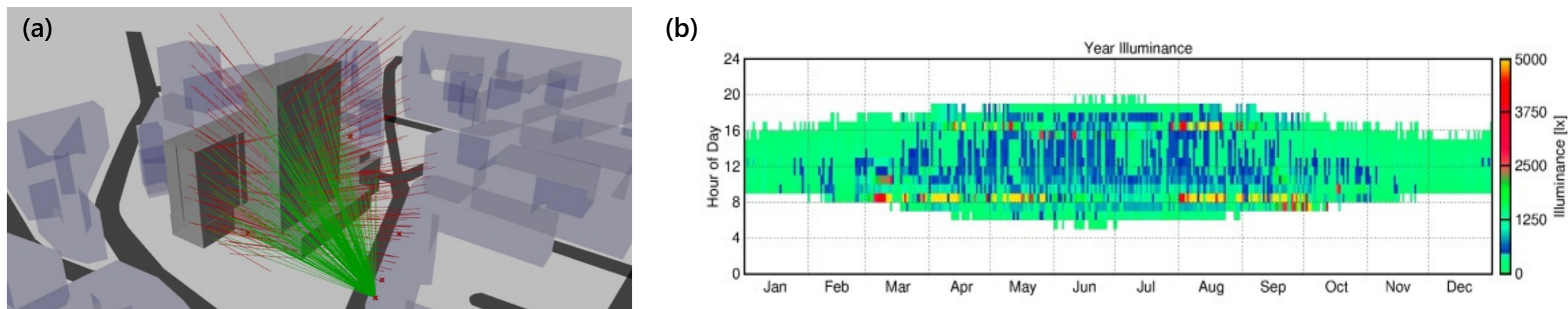


Figura 17: (a) *Raytrace* para identificar a direção dos raios refletidos. (b) Gráfico de saída da simulação de ofuscamento anual. Os pontos em vermelho representam o maior potencial de ofuscamento. Fonte: YANG, X.; GROBE, L.; STEPHEN, W. (2013).

No Brasil, Martins e Cabús (2016) concluíram em seus estudos que o entorno especular e sua geometria além de aumentar a disponibilidade de luz dentro dos ambientes vizinhos, pode causar desconforto por ofuscamento ao usuário. Sua avaliação quantitativa da disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno foi realizada através dos parâmetros de referência das UDI (Useful Daylight Illuminances) com

parâmetro de intervalo de iluminâncias entre $500 \leq UDI < 2000$ lux, e simulação no *software* TropLux 7. Além da aplicação pouco difundida no meio acadêmico, a modelagem no *software* escolhido é simplificada, sendo a construção de geometrias complexas, bastante trabalhosa.

METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos do estudo, a metodologia foi dividida em três principais etapas. Na primeira etapa se define os parâmetros do modelo referentes às características da edificação analisada e do entorno, culminando com a definição dos cenários a serem analisados, e na apresentação dos índices de reflexão elencados a partir da pesquisa. A segunda etapa é direcionada ao contexto climático, seguida pela terceira etapa que engloba as simulações computacionais.



Figura 18: Ventura Corporate Towers, Rio de Janeiro. Fonte: URBAN HUB, (2019).

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETRO DO MODELO

3.1.1. Local de estudo

O terreno escolhido para o estudo de caso localiza-se no bairro Centro, no Setor Leste da Praça XV de Novembro, popularmente conhecido como Pedreira. O local foi escolhido devido a miscigenação de arquiteturas, o potencial de verticalização e aos projetos para recuperação deste local.

Historicamente, a Pedreira sofreu um processo de descentralização que culminou com a degradação econômica e física da área. Isto aconteceu, principalmente, devido ao planejamento do novo sistema de mobilidade e o Sistema Integrado de Transporte. Em 2015, com incentivo da prefeitura, o projeto Centro Sapiens foi lançado, com o objetivo de transformar essa região em um polo de inovação voltado ao turismo, gastronomia, artes, design e tecnologia (DIAS, 2005; CENTRO SAPIENS, 2017).

Apesar da verticalização consolidada na região, ainda existe espaço para que esta condição se multiplique como é possível observar na Figura 19. O setor leste é composto por inúmeras arquiteturas históricas, muitas delas em situação de abandono e sem o amparo por órgãos de proteção ao patrimônio edificado. Junto a concentração dos futuros investimentos para a região, este fato leva a crer num aumento de especulação imobiliária que pode alterar o cenário atual. Portanto, o terreno de implantação escolhido, que une seis terrenos pequenos, simula essa possível alteração da paisagem, com a construção de um edifício envidraçado, típico de empresas de tecnologia em Florianópolis, conforme abordado em 1.2.



Figura 19: (a) Vista 2D do bairro centro com local de implantação. (b) Vista 3D com implantação e entorno. Fonte: GOOGLE MAPS (2019), adaptado pela autora (2019).

3.1.2. Parâmetros urbanísticos

Os cenários são compostos por uma edificação de análise com características do envelope variáveis, e por um tipo de entorno, modelado como sombreamento. Para as definições de suas características foi adotado um desenho arquitetônico com altura e dimensões máximas, de acordo com o plano diretor (PMF, 2014) e um parcelamento de solo comum a uma porção verticalizada da cidade. Segundo o zoneamento, grande parte do bairro está inserido na Área Mista Central (AMC), cujos parâmetros urbanísticos foram utilizados como base para a definição dos cenários de análise.

Na Tabela 3 a seguir é possível observar os parâmetros urbanísticos que se aplicam a porção do bairro Centro zoneada como AMC 12.5 (máximo de 12 pavimentos com 50% de taxa de ocupação do terreno). Os afastamentos para o local estão dispostos na mesma tabela.

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETRO DO MODELO

Tabela 3: Parâmetros urbanísticos e afastamentos.

Parâmetros Urbanísticos AMC 12.5							
Máx. de pavimentos		T.O. (%)	T.I. (%)	Altura máx. (m)		Lote mín. (m ²)	Testada mín. (m)
Padrão	Acréscimo TDC			Fachada	Cumeeira		
10	2	50	70	45	51	750	22
Onde:		AMC = Área mista central					
		TDC = Transferência do direito de construir					
		T.O. = Taxa de Ocupação					
		T.I. = Taxa de impermeabilização					
Afastamentos ¹							
Frontal	Mínimo de 4m ou respeitando a relação:						
	Onde :	A = Afastamento frontal					
		H = Altura da edificação					
	L = Largura da rua na testada do lote (mais recuos, se houver)						
Lateral e Fundos	Mínimo de 3m ou respeitando a relação: se $10 < H \leq 45m$, então $Alf = H/7$						
	Onde :	H = Altura da edificação					
		Alf = Afastamento lateral e de fundos					

¹NOTA: Para o triângulo central, permite-se alteração dos afastamentos, dado o contexto histórico e as caixas de via estreitas. Este recurso não foi utilizado pelo etendimento da autora de que estes afastamentos são necessários para manutenção da qualidade ambiental do contexto urbano.

Fonte: PMF (2014), adaptado pela autora (2019).

Segundo o Artigo 192 Plano Diretor de Florianópolis, a caixa de via local mínima é de 14m, contudo, de acordo com parágrafo terceiro do Artigo 73 da mesma lei, "[...] nos locais em que a largura das vias existentes não corresponder às caixas programadas nesta Lei Complementar as edificações deverão respeitar os afastamentos frontais mínimos medidos a partir do eixo da via.". Entretanto, por entender que os espaçamentos são necessários para manutenção das qualidades ambientes urbanas, o modelo proposto respeitou os limites adequados (PMF, 2014).



Figura 20: Vista de situação. Fonte: GOOGLE MAPS (2019), adaptado pela autora (2019).

A partir das dimensões mínimas de testada e área mínima do terreno para a zona AMC, bem como os afastamentos estabelecidos pelo plano diretor, e considerando o tamanho da caixa de via entre 7 a 8m, foi definido o desenho urbano e a localização da edificação de análise e das edificações do entorno (Figura 16).

Para que o entorno urbano fosse levado em conta de maneira satisfatória, a análise foi realizada considerando a modelagem de quatro quadras, sendo que a edificação de análise está localizada na esquina entre as ruas Anita Garibaldi e Saldanha Marinho.

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETRO DO MODELO

3.1.3. Edificação de análise

A edificação de análise possui função comercial com uso destinado a escritórios. O número de pavimentos adotado para a tipologia arquitetônica foi o máximo permitido, assim como as demais dimensões, definidas de acordo com as exigências de afastamentos mínimos propostos pelo plano diretor, adequando-se ao tamanho atual das caixas das vias perimetrais. A arquitetura escalonada é resultado do cumprimento da exigência do plano diretor da angulação de 70°, medida a partir do eixo da via, para manutenção das qualidades ambientais.

O modelo possui 12 pavimentos com 3,00m de pé-direito, e dimensões de 26,00 x 20,00m no térreo e sobreloja, 21,00 x 14,00m do segundo ao oitavo pavimento e 16,00 x 9,50m nos últimos três pavimentos. A ocupação do terreno é de 50% com coeficiente de aproveitamento de 3,85, conforme ilustrado na Figura 21. A edificação possui cerca de 60% de área envidraçada em todas as fachadas. É possível visualizar sua arquitetura e composição entre elementos opacos e translúcidos na Figura 22 e Figura 23.

Dentre as características construtivas da edificação, a única variável foi a refletância dos vidros das fachadas, conforme a Tabela 4. O revestimento externo possui refletância fixa de 30%.

Tabela 4: Reflexão luminosa externa dos vidros do modelo.

Vidros	Re
Incolor	8%
Refletivo	16%
	24%
	32%
<i>Onde:</i>	
Re = Reflexão luminosa externa	

Fonte: Elaboração própria (2019)

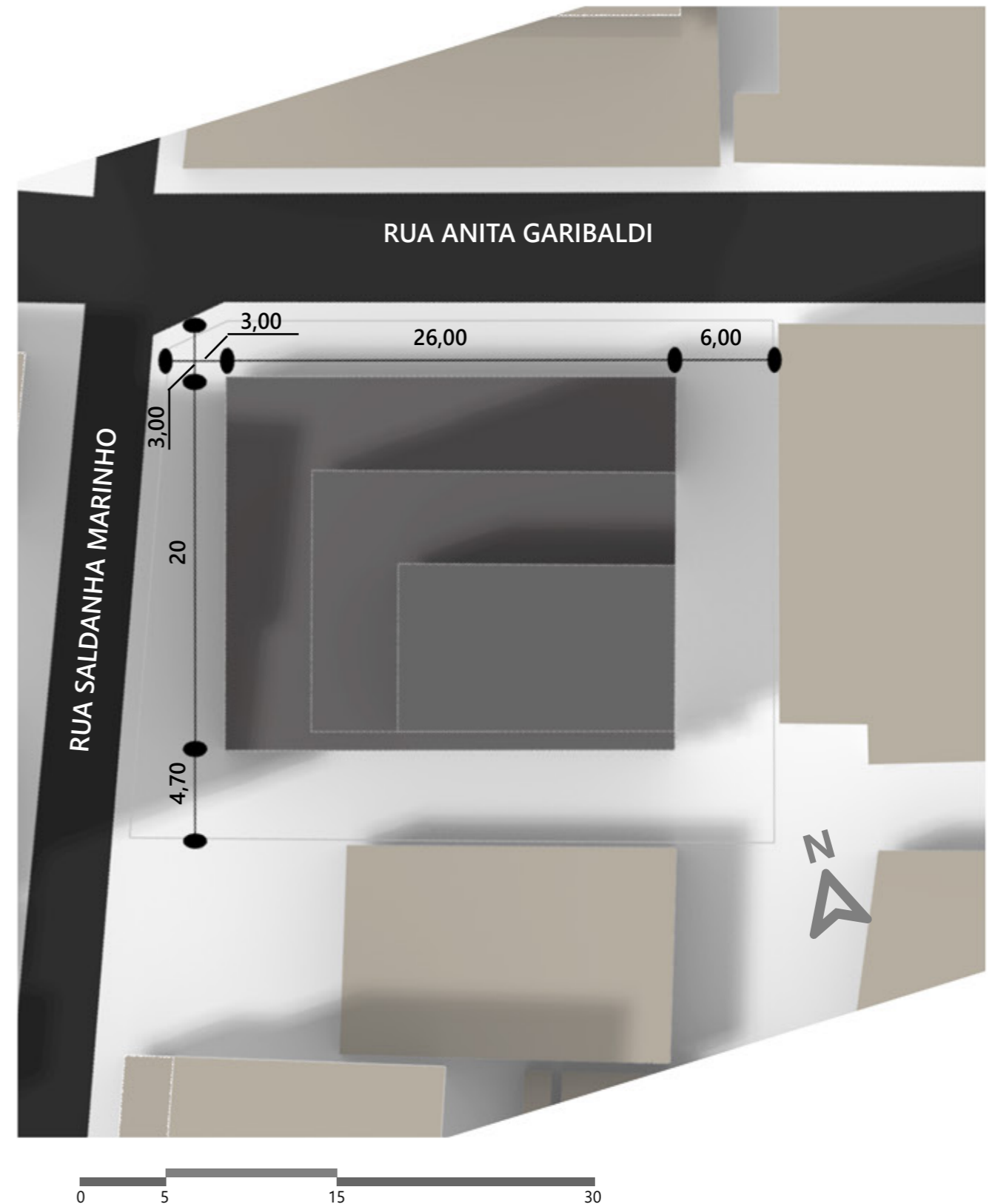


Figura 21: Planta de localização. Fonte: Elaboração própria (2019).

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETRO DO MODELO

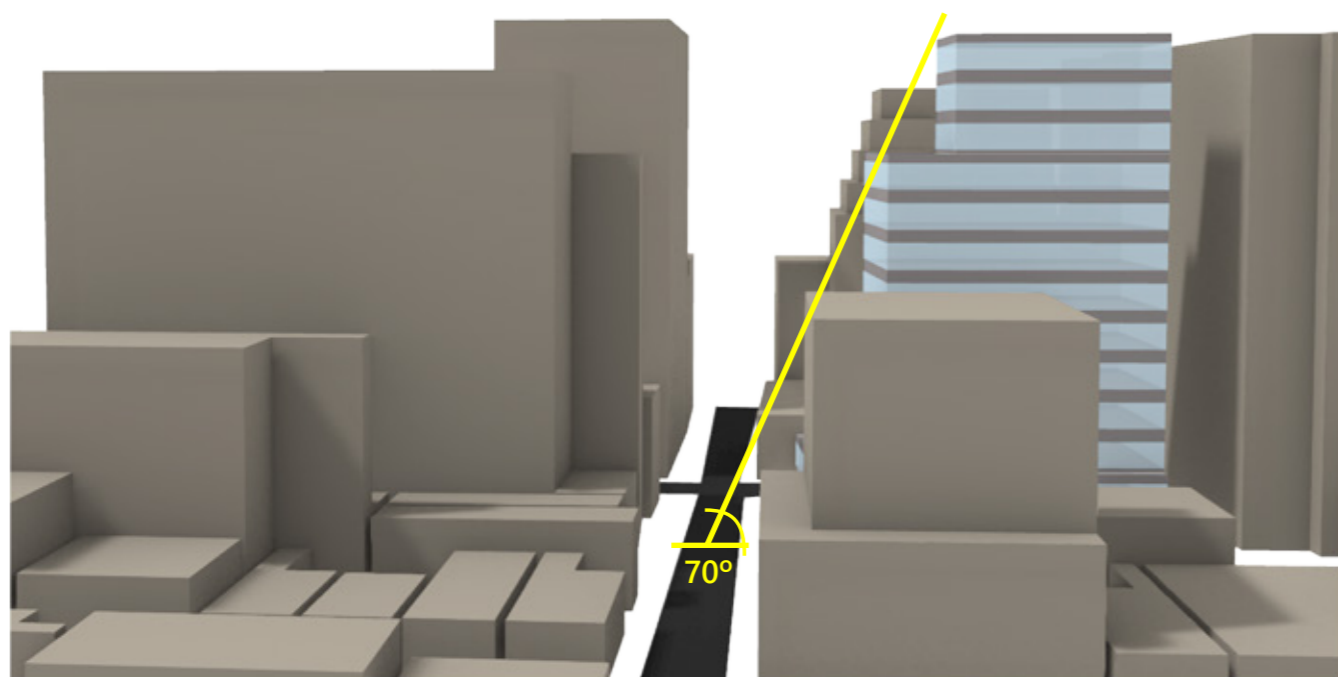


Figura 22: Vista da Rua Saldanha Marinho para o modelo. Fonte: Elaboração própria (2019).

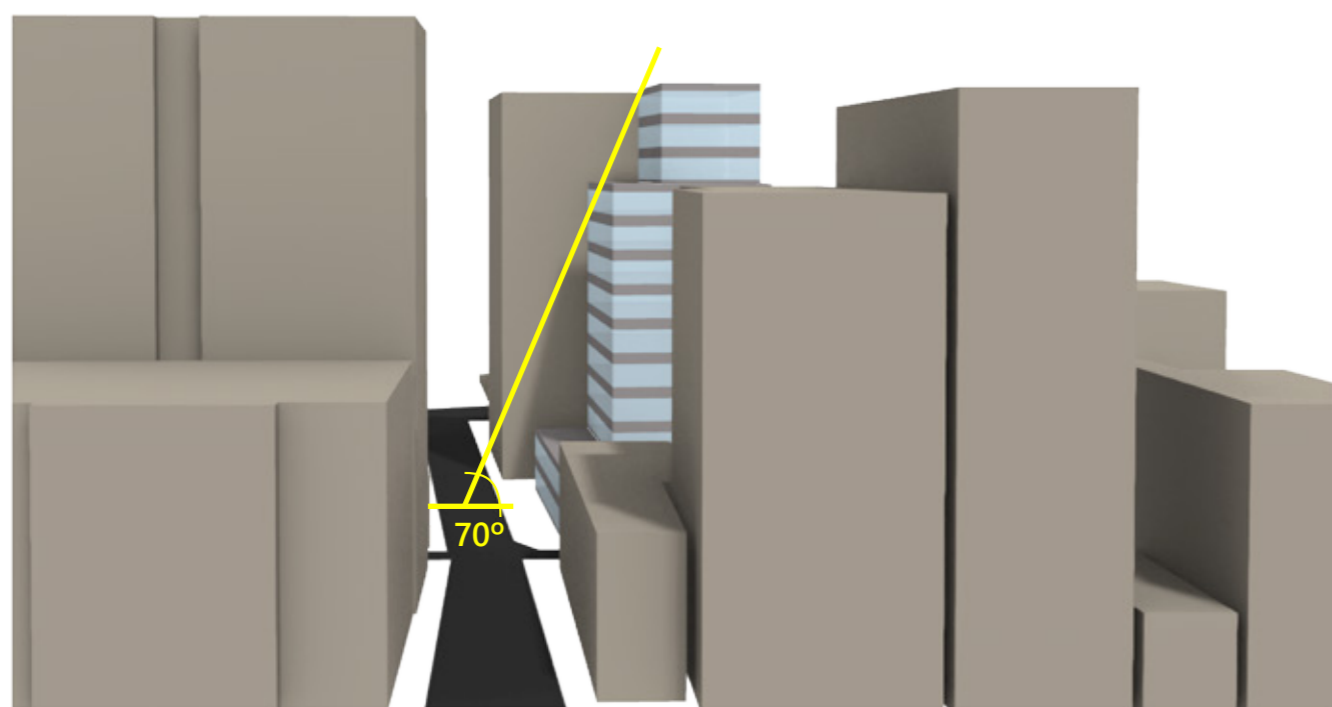


Figura 23: Vista da Rua Anita Garibaldi para o modelo. Fonte: Elaboração própria (2019).

3.1.4. Entorno e cenário de análise

A partir da definição da localização e do modelo de análise, a volumetria do entorno foi modelada de acordo com a realidade da implantação, composta por edificações com diferentes gabaritos e épocas de construção, conforme ilustrado na Figura 24.

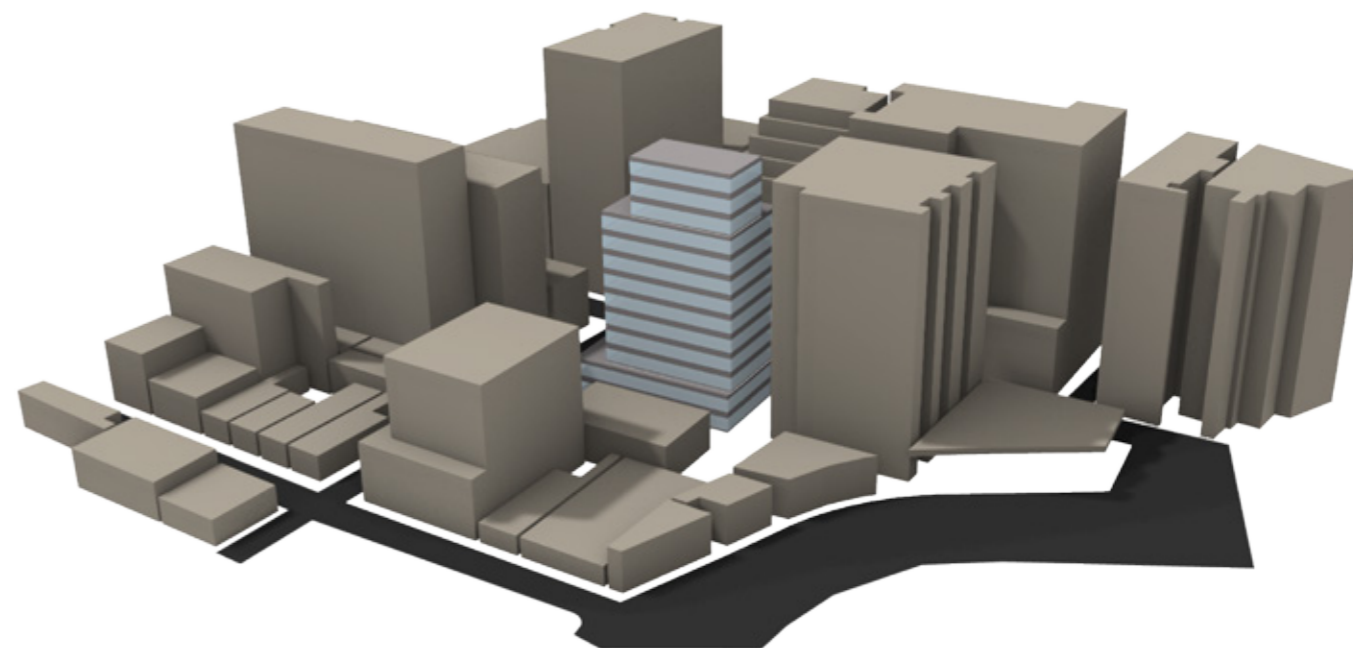


Figura 24: Perspectiva do modelo com o entorno. Fonte: Elaboração própria (2019).

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETRO DO MODELO

Sala comercial

Para simulação, foi considerada uma sala comercial com medidas de 3,80 X 6,30m com abertura de 3,00 X 2,10m, cuja transmissão luminosa do vidro será um parâmetro variável. Conforme ilustrado na Figura 25 (a), a sala possui capacidade para sete estações de trabalho. Para simulação, o percentual de ofuscamento será calculado em função da posição 1, considerada mais crítica devido a proximidade com a janela. Na Figura 25 (b), é apresentada uma perspectiva do ponto de vista do usuário.

Os acabamentos internos da sala foram embasados segundo o item 13 da norma brasileira de desempenho da edificação NBR 15575:2013, que define refletâncias para cores claras, médias e escuras. Para os acabamentos externos do entorno e para o piso base (piso genérico que engloba ruas e calçadas, bem como terrenos baldios), as refletâncias foram fixadas em 30% e 10%, respectivamente. Na Tabela 5 são resumidas as características construtivas da sala.

Tabela 5: Características construtivas da sala.

Tipologia	Acabamentos	Tonalidade	Refletância
Mobiliário	Diversos	Médio	50%
Piso	Porcelanato	Médio	50%
Parede	Pintura	Claro	70%
Forro	Gesso	Claro	70%
Fachadas	Pintura	Escuro	30%
Tipologia	Vidro		
Aberturas	TL 70%		
	TL 60%		
	TL 50%		
	TL 40%		
	TL 30%		
	TL 20%		
Onde: T.L. = Transmissão luminosa			

Fonte: Elaboração própria (2019).

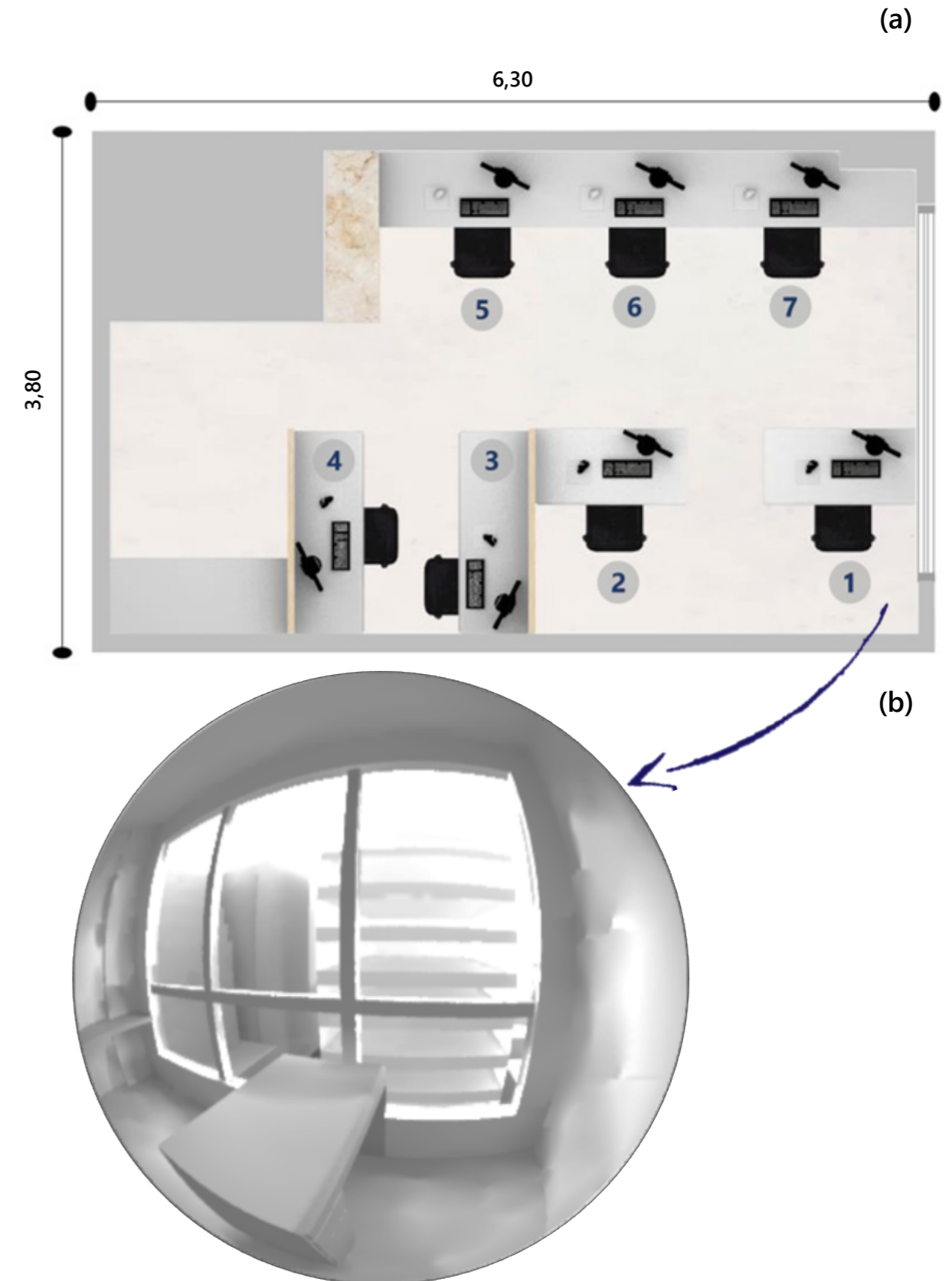


Figura 25: (a) Planta baixa e estações de trabalho da sala de escritórios. (b) Perspectiva do ponto de vista do observador. Fonte: Elaboração própria (2019).

3.1. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETRO DO MODELO

Cenários de análise

Considerando os quatro tipos de vidros do modelo e os seis da sala de escritório, serão avaliados 24 cenários relacionando reflexão luminosa e transmissão luminosa. Na figura abaixo é possível compreender a composição dos cenários.

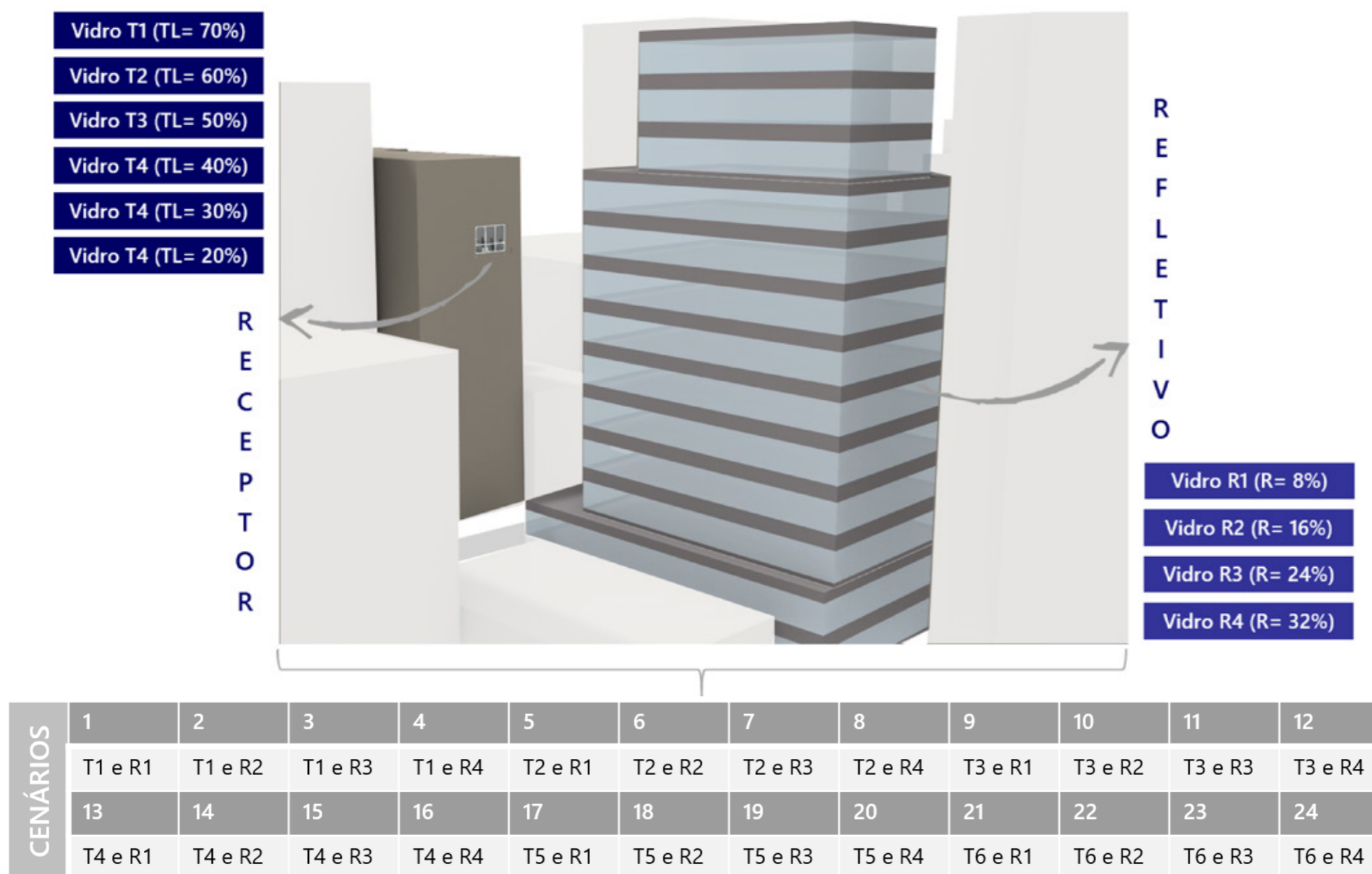


Figura 26: Construção dos cenários de análise. Fonte: Elaboração própria (2019).

3.2. CONTEXTO CLIMÁTICO

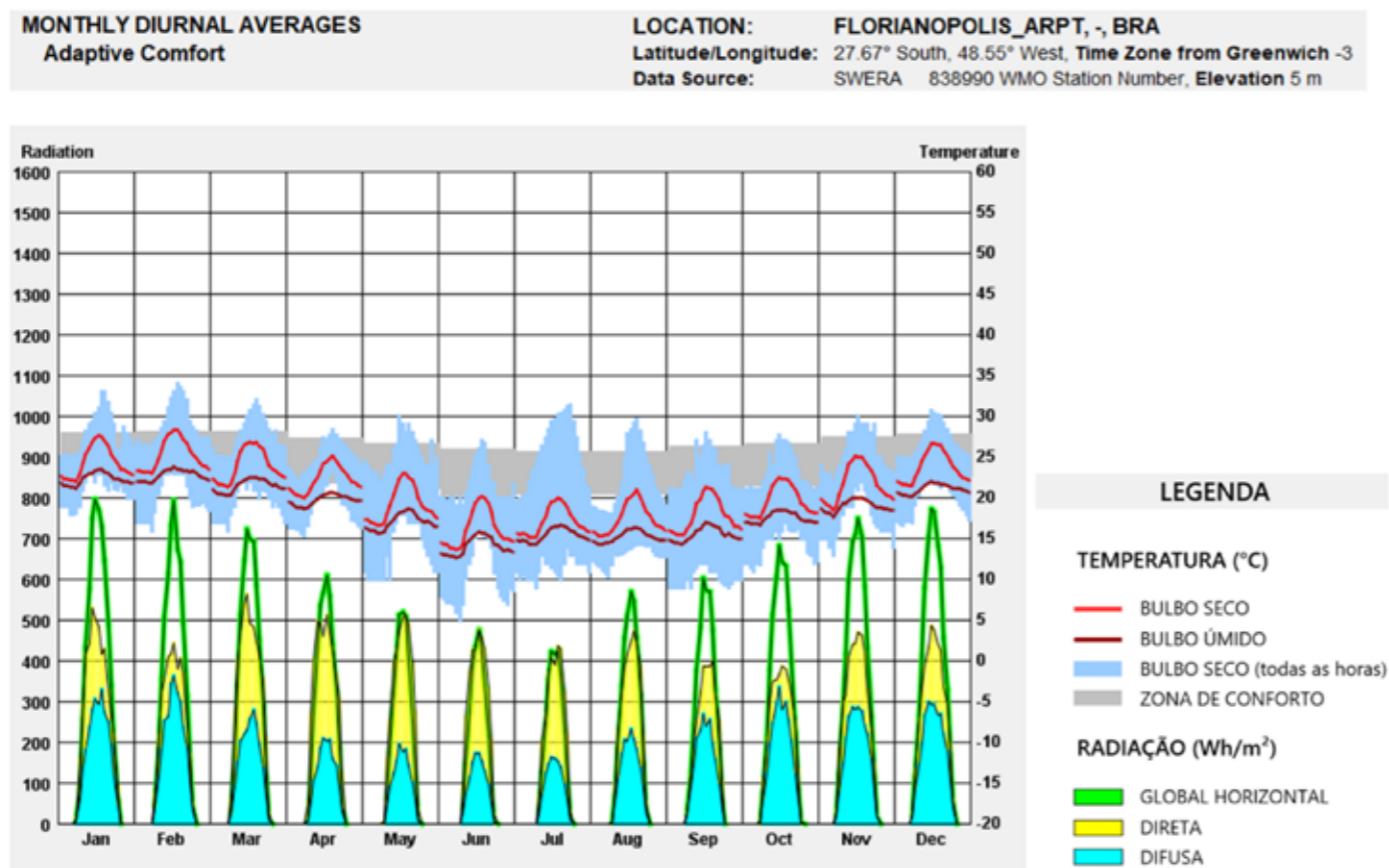


Gráfico 1: Médias anuais de radiação e temperatura para Florianópolis - SC, segundo o arquivo climático SWERA. Fonte: Climate Consultant (2019)

As simulações serão realizadas para a cidade de Florianópolis. Localizada no litoral do sul do Brasil, possui latitude 27°60'S, longitude 48°62'O, ao nível do mar. O município possui uma área de 674,84km² e densidade demográfica superior a 600 hab/km² (IBGE, 2018).

O clima característico da capital catarinense é subtropical mesotérmico úmido, com médias anuais acima dos 20°C e com inverno ameno (PMF, 2010). Segundo o ABES de 2017, a irradiação média diária no plano é superior aos 4,4 KWh/m².dia. O Gráfico 1 representa as médias mensais de radiação solar e temperatura.

O Gráfico 2 compara a Iluminância Global do céu de Florianópolis com Londres. É evidente a superioridade dos índices para capital catarinense, bem como a durabilidade das médias elevadas. Enquanto Londres tem um pico de iluminância no verão (De junho à setembro), Florianópolis supera o indicativo no período correspondente ao verão no Hemisfério Sul, chegando a cerca de 120000 lux. Ou seja, é eminente o potencial de ofuscamento de uma fachada refletiva em Florianópolis, visto que na capital inglesa, mesmo com médias inferiores, um prédio envidraçado causou danos materiais a um veículo ao refletir radiação e brilho excessivo, conforme exposto em 2.4.

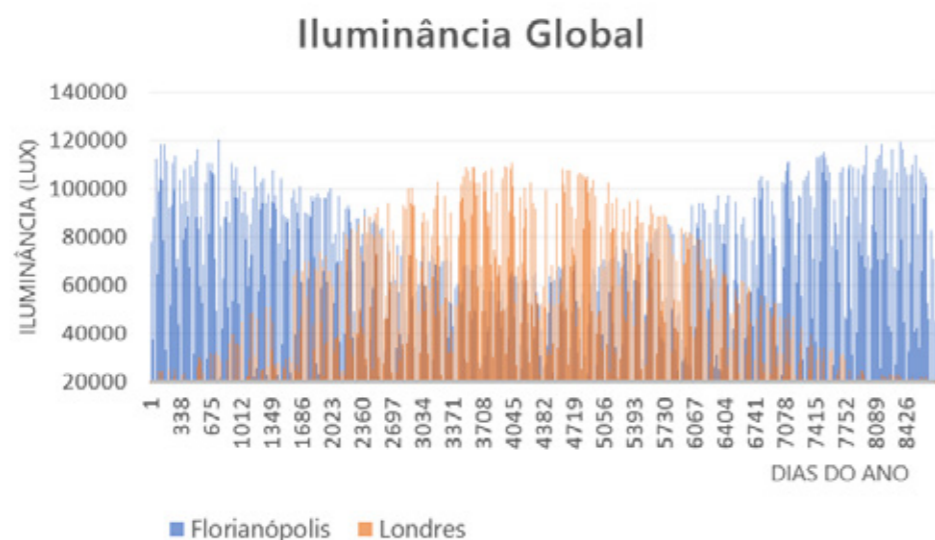


Gráfico 2: Comparação da iluminância global entre Florianópolis e Londres, segundo dados do arquivo. Fonte: Elaboração própria (2020)

3.3. SIMULAÇÕES

Os estudos aqui apresentados consideram a inclusão do contexto urbano nas simulações de ofuscamento, adotando refletâncias fixas para o entorno e para o solo, considerando as condições climáticas e de céu de acordo com o arquivo climático.

Para realizar as simulações computacionais de ofuscamento será utilizado o programa Radiance com a interface do *Rhinoceros 6.22* e *plug-in Grasshopper*. O *Radiance* foi escolhido por possuir um método de cálculo com algoritmos apropriados ao estudo do ofuscamento em qualquer ponto do planeta e foi validado por inúmeros pesquisadores. O modelo tridimensional do estudo de caso foi construído no *Rhinoceros* e sua parametrização foi elaborada no *plug-in Grasshopper*.

As simulações são divididas em quatro etapas. A primeira fase procura entender a relação das reflexões da fachada envidraçada com o entorno e identificar as porções mais afetadas, posteriormente testes com diferentes configurações de vidro foram elaborados para identificar qual seria o mais adequado as simulações. Na terceira fase, serão realizadas simulações de ofuscamento anual e simulações baseadas em imagem com valores de DGP.

3.3.1. Interface Grasshopper e plug-ins

O *Grasshopper* é um *plug-in* de código aberto que permite a criação de novos parâmetros, bem como inúmeras combinações. Seu funcionamento acontece por meio de pilhas ou baterias com *inputs* (dados de entrada) e *outputs* (dados de saída), conforme ilustrado na Figura 27. Para compor um script ou a programação de uma simulação, as baterias e pilhas são ligadas umas as outras, definindo os parâmetros e condicionantes.

No *Grasshopper*, o *plug-in* que faz a interface com o *Radiance* é o *Honeybee*. Suas baterias foram utilizadas para as simulações de ofuscamento, juntamente ao *Ladybug* para gerar e visualizar as imagens HDR e *false color*.

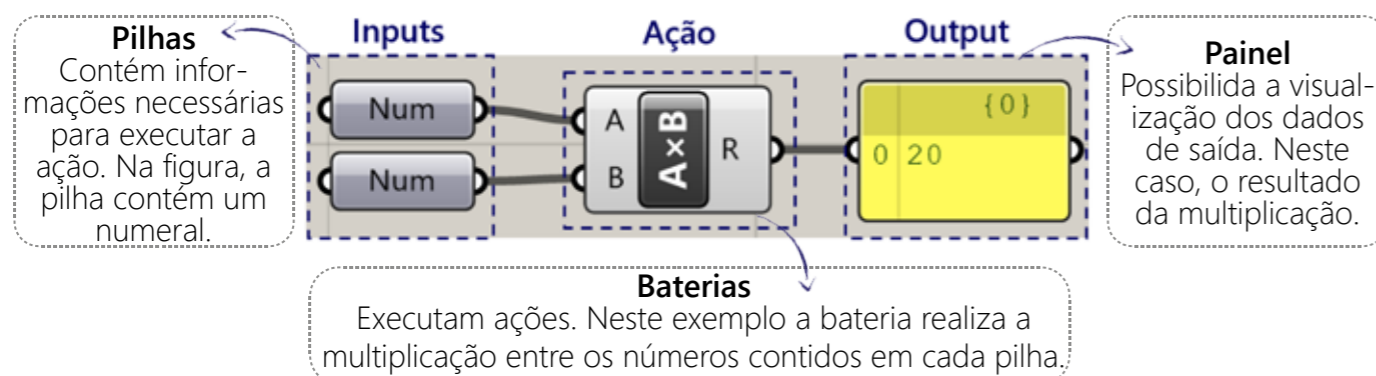


Figura 27: Exemplo do funcionamento do Grasshopper. Fonte: Elaboração própria (2019).

3.3.2. Fachadas envidraçadas e as reflexões sobre o entorno

Utilizou-se a função *Raytrace* (raio-traçado) do *Radiance* (Figura 28 (b)) para identificar a porção do contexto que mais concentra as reflexões provenientes do edifício envidraçado. Essa análise está vinculada não somente ao entorno e a fonte das reflexões, mas também à trajetória e vetores solares. Para isso, utilizou-se dentro do *software* uma bateria denominada *Sunpath* (trajetória solar) (Figura 28 (a)), com informações do período de análise e rotação do Norte, para identificação dos vetores do sol.

Considerando a implantação da edificação envidraçada, e a rotação do Norte, foram realizadas simulações por estações do ano, entre os horários das 7h às 18h. Detectou-se que um dos edifícios mais atingidos pelos raios refletidos é o Adolfo Zigelli, local em que foi inserida a sala comercial a uma altura de 20,00m do solo, para avaliação do potencial de ofuscamento, conforme demonstrado pela Figura 28 (c).

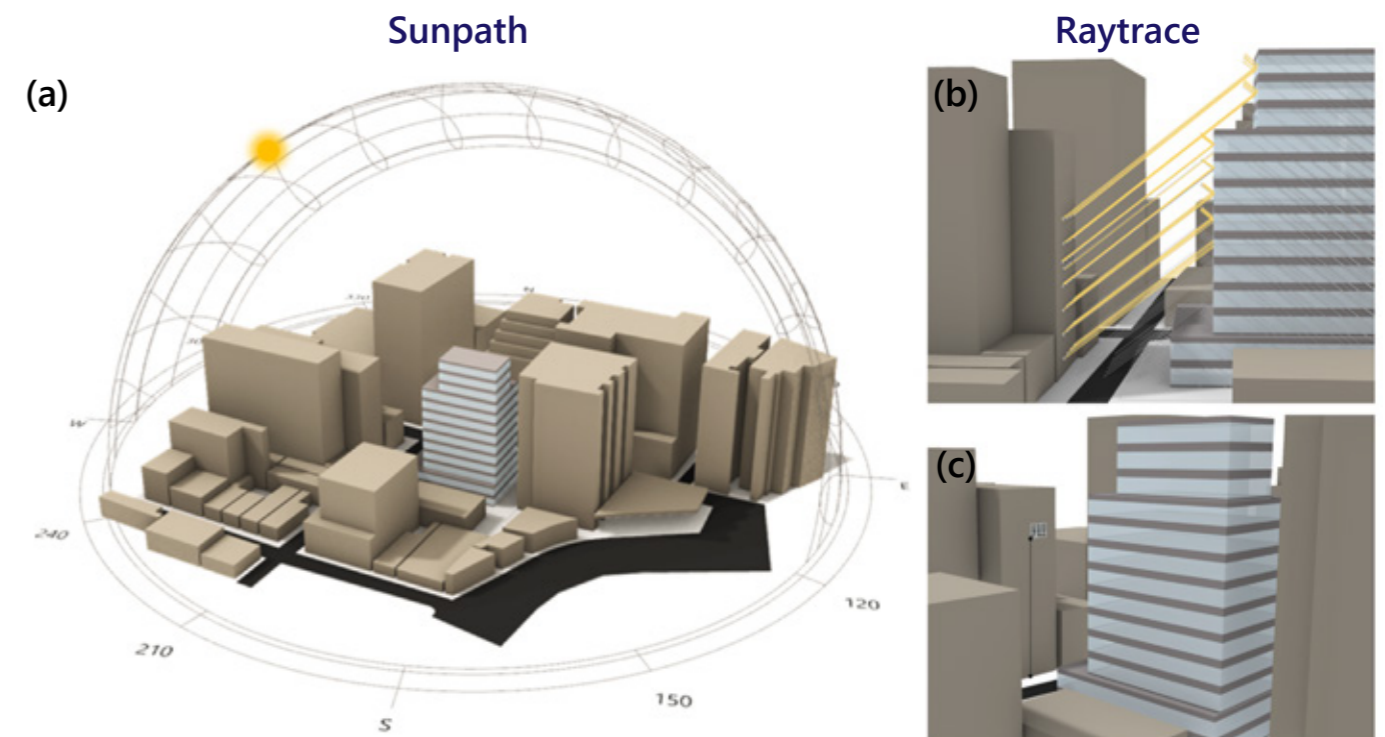


Figura 28: (a)Trajetória solar com sol aparente para às 15h de Fevereiro. (b) Reflexão da luz sobre o edifício Adolfo Zigelli. (c) Inserção da sala. Fonte: Elaboração própria (2019).

A construção do script desta parte inicial da simulação pode ser visualizado na Figura 29. O edifício envidraçado é o input para a fonte das reflexões. Após a incidência dos raios solares sobre a fachada dessa edificação, foi utilizada apenas uma reflexão para saber quais seriam os prédios diretamente atingidos pelo reflexo do vidro.

3.3. SIMULAÇÕES

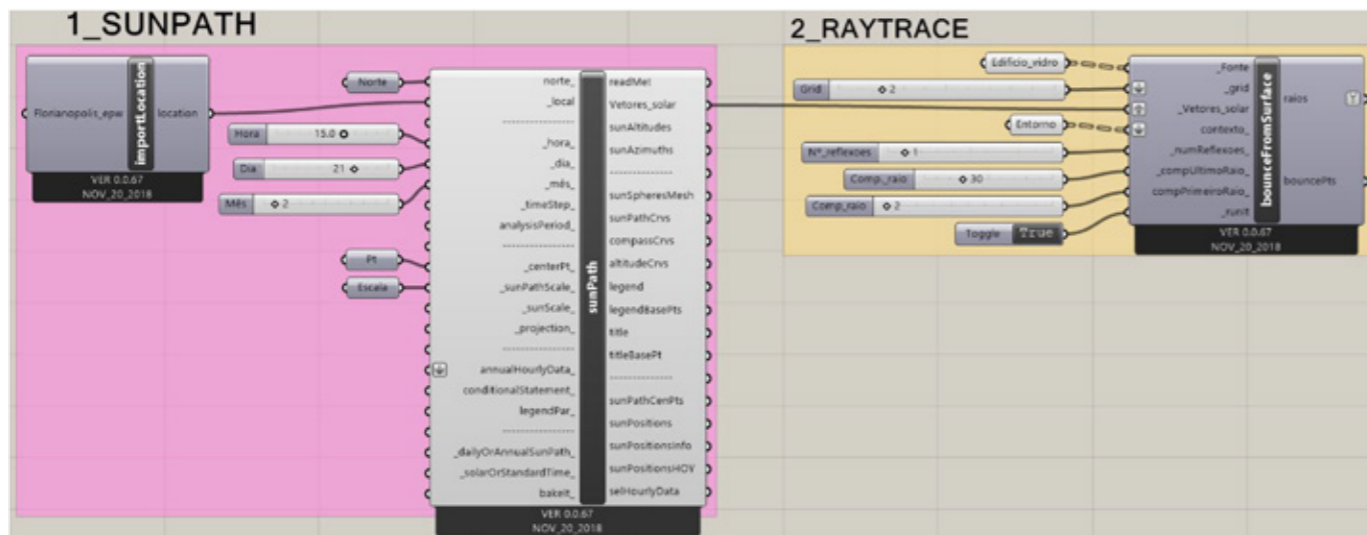


Figura 29: Primeira parte do script para simulação de ofuscamento. Fonte: Elaboração própria (2019)

3.3.3. Configuração dos vidros refletivos

Para o edifício modelo com vidros refletivos, foram testadas três diferentes configurações de materiais vinculadas às propriedades de reflexão do envidraçamento. Os dois primeiros testes foram realizados com configurações simplificadas, com parâmetros não passíveis de customização.

a) Teste 1 – vidro: esta configuração exige informações de transmissão luminosa e de refração (Figura 30). Para realização dos testes, assumiram-se valores de 20% a 50% de transmissão luminosa. O índice de refração utilizado foi de 1,52 (*default* do *Radiance*). Para criar as superfícies compatíveis com o *Honeybee* a geometria foi configurada como janela. Os resultados obtidos foram insatisfatórios. Acredita-se que o *Radiance* possui um default para as reflexões do vidro, portanto, ao variar a transmissão luminosa não houve alteração no comportamento das reflexões causadas pelo vidro.

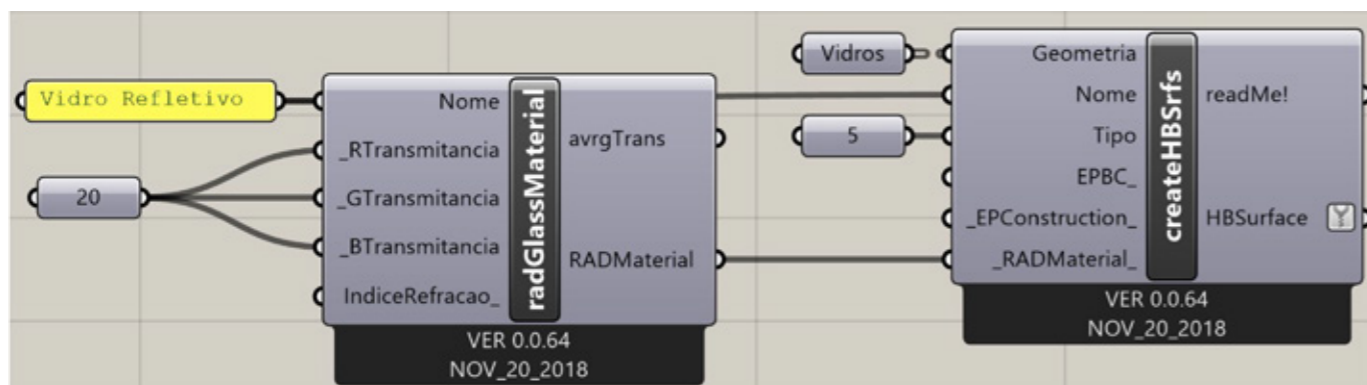


Figura 30: Configurações do material vidro. Fonte: Elaboração própria (2019).

b) Teste 2 – espelho: a principal propriedade de um espelho é sua reflexão. Por isso, a reflexão difusa é a única informação necessária para simulação (Figura 31). O teste foi realizado para a reflexão luminosa externa de 32% e 8% e a superfície também foi configurada como janela. Assim como o vidro, esta configuração foi insatisfatória. Esta bateria não considera uma característica importante do vidro, que é a transparência. Além disso, acredita-se que a proporção de reflexão difusa de um espelho para o vidro também seja diferente, uma vez que o espelho incorpora em sua massa compostos metálicos que possuem propriedades de especularidade e reflexão da luz diferentes do vidro refletivo.

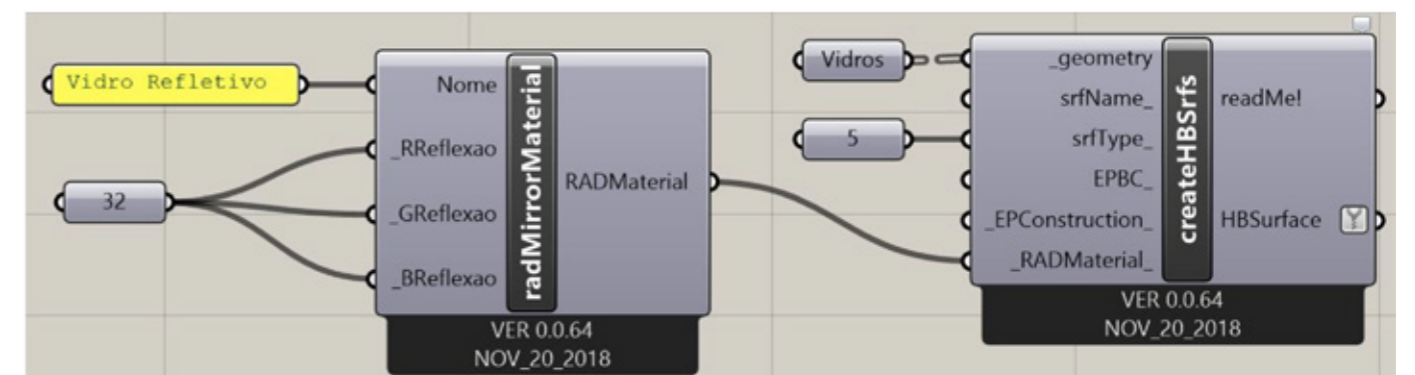


Figura 31: Configurações do material espelho. Fonte: Elaboração própria (2019).

c) Teste 3 – material translúcido: esta bateria solicita informações específicas de propriedades ópticas como a rugosidade, a reflexão e a transmissão especular e difusa (Figura 32). Estes dados raramente são fornecidos por fabricantes, uma vez que para medição é necessário a utilização de um equipamento denominado gonio-espectrofotômetro, não comumente utilizado pela indústria vidreira.

A reflexão difusa está associada ao espalhamento da luz, quanto mais fosca é uma superfície, maior o seu potencial para espalhar a luz (reflexão em várias direções). Por outro lado, quanto mais polida e brilhosa é a superfície, mais concentrada será a distribuição da luz, a qual poderá refletir em uma direção específica, fato que caracteriza um comportamento típico da reflexão especular (reflexão vetorial). O conceito de transmissão especular e difusa é similar. A primeira caracteriza-se pela fração da luz transmitida de maneira dispersa. Por outro lado, a segunda caracteriza-se pela fração transmitida como um feixe luminoso, sem espalhamento (SUK; SCHILLER; KENSEK, 2017; MEAD, 2010).

Todo material translúcido possui percentuais de reflexão e transmissão especular e difusa em maiores ou menores proporções. Além disso, para inserção destes parâmetros no *software*, seu somatório deve ser inferior a um. Assim, com base nos materiais de apoio disponibilizados pelo *Radiance*, os valores de reflexão especular e transmissão

3.3. SIMULAÇÕES

difusa do vidro foram fixados em 0,06 e 0,15 respectivamente. Assumiu-se o vidro como material polido, ou seja, sem rugosidade. A reflexão difusa e a transmissão especular foram os parâmetros variados, conforme a Tabela 6. Assim como nas configurações anteriores, as superfícies foram configuradas como janelas (MEAD, 2010).

Tabela 6: Variação de dados.

Reflexão difusa	Transmissão especular
0,32	0,46
0,24	0,54
0,16	0,62
0,08	0,70

Fonte: Elaboração própria (2019)

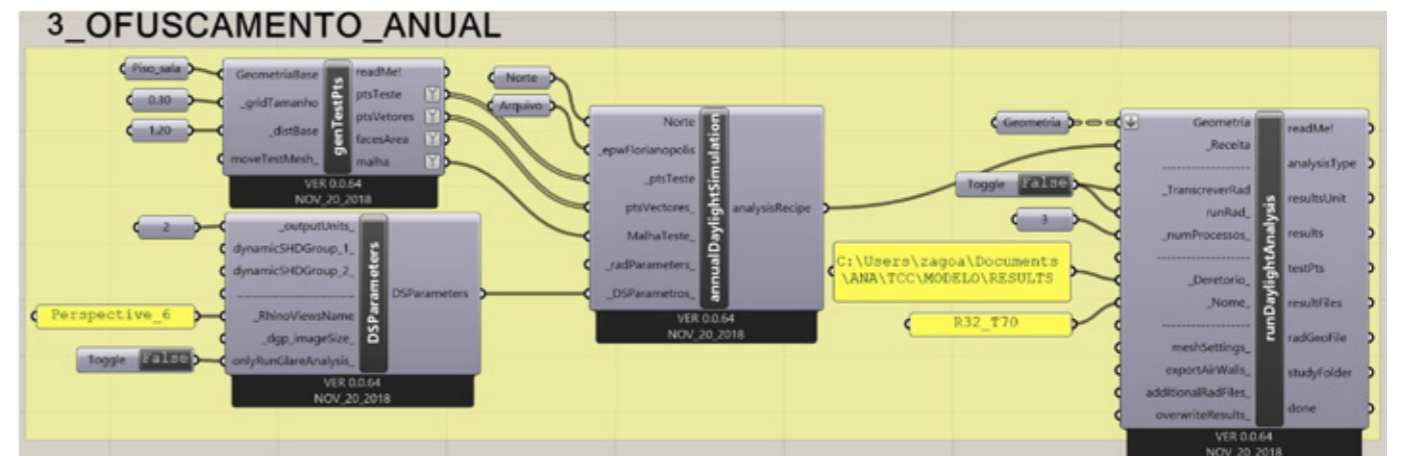


Figura 33: Segunda etapa do script da simulação (Simulação anual). Fonte: Elaboração própria (2019).

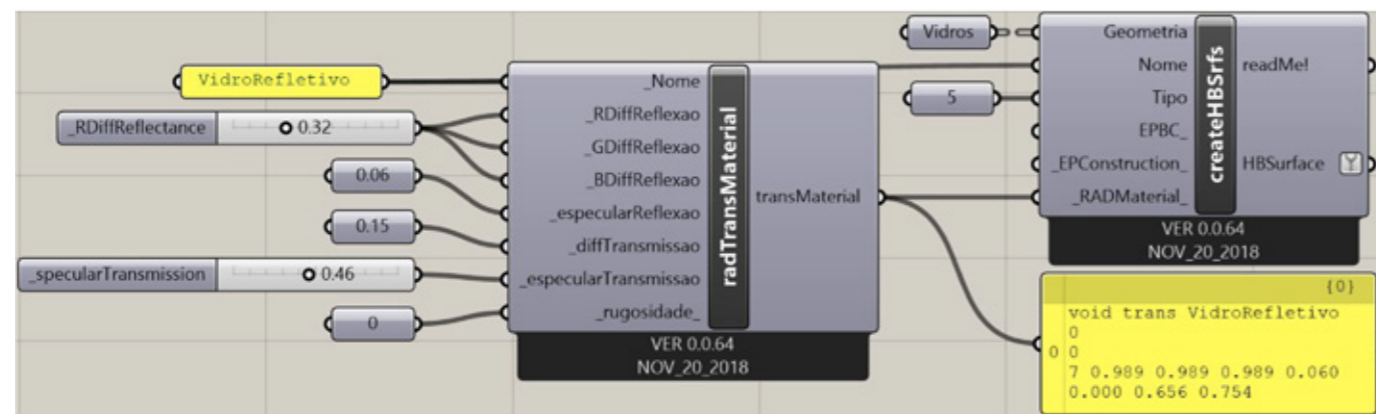


Figura 32: Configurações do material translúcido. Fonte: Elaboração própria (2019).

Os testes com essa bateria alcançaram um comportamento satisfatório para as simulações, demonstrando coerência entre os resultados. Desta forma, esta foi a configuração utilizada para dar continuidade ao trabalho.

3.3.4. Simulação anual de ofuscamento

As simulações anuais de ofuscamento foram realizadas a partir da posição do observador definido em 2.1.4., e da composição do *grid*, uma malha com pontos que distam 1,20m do piso base (altura aproximada dos olhos de uma pessoa sentada), afastados 0,30m entre si, conforme ilustrado na Figura 33. A geometria corresponde a todos os materiais da cena com suas respectivas propriedades (vide item 3.1.4.).

Após alguns testes com diferentes reflexões e transmissões luminosas, os resultados demonstraram-se insatisfatórios. Ao comparar o gráfico de ofuscamento anual para reflexão de 32% e transmissão de 70% (Gráfico 2) com o gráfico da reflexão de 8% e mesma transmissão luminosa (Gráfico 3) as diferenças foram imperceptíveis. Ademais, a análise de dados numéricos confirmou a indiferença.

Uma terceira conferência através da simulação baseada em imagem, demonstrou incongruência entre os índices DGP obtidos. Em dias e horários em que a simulação anual apontou ofuscamento intolerável, a simulação por imagem apontou ofuscamento imperceptível. A diferença nos resultados deve-se ao fato da simplificação da simulação anual de ofuscamento, que considera apenas iluminância vertical na altura dos olhos e desconsidera a interferência do entorno. Como o objetivo do trabalho é justamente avaliar as interferências do entorno, esta simulação foi descartada e apenas simulações por imagem foram avaliadas.

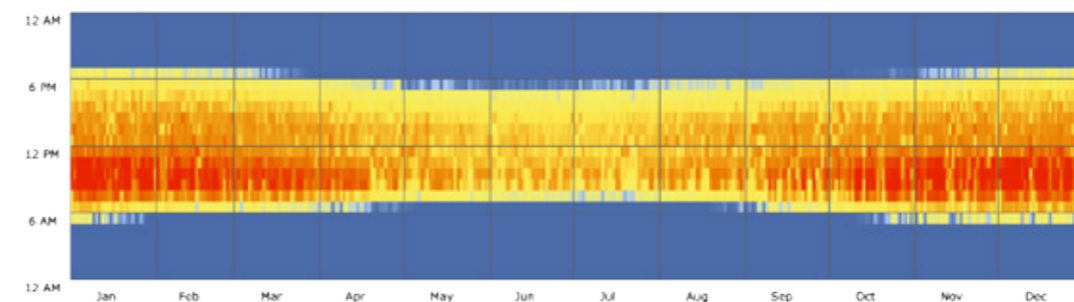


Gráfico 3: Ofuscamento anual Re 32% e TL 70%. Fonte: Elaboração própria (2019).

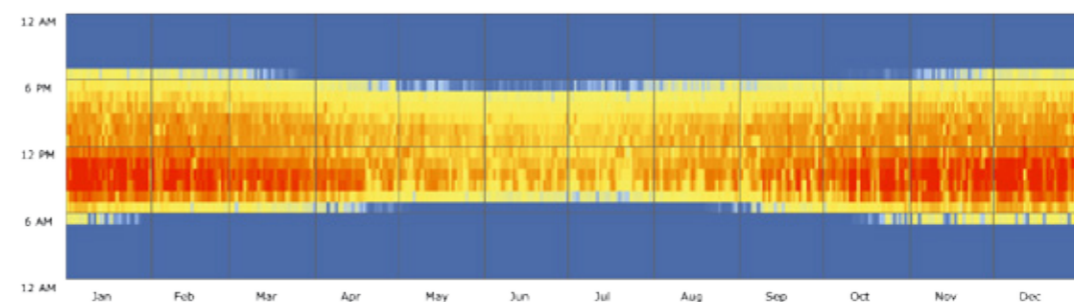


Gráfico 4: Ofuscamento anual Re 8% e TL 70%. Fonte: Elaboração própria (2019).

Nestes gráficos, o eixo y representa os horários de avaliação e o eixo x corresponde aos dias do ano. As cores representam o potencial de ofuscamento. Quanto mais próximo do tom vermelho, maior o DGP e se mais próximo a cor azul, menor é o DGP.

3.3. SIMULAÇÕES

3.3.5. Simulação baseada em imagem

As simulações baseadas em imagem são mais complexas, uma vez que consideram as interferências e luminosidades do entorno, a iluminância vertical na altura dos olhos e o ângulo entre a fonte de ofuscamento e o observador. Desta forma, o DGP assume valores mais coerentes quando comparado a simulação anual.

Para gerar as imagens, a insolação e o sombreamento tanto do edifício envidraçado como da sala comercial foram simulados no software *Dynamic Overshadowing*. A sala inserida no edifício Adolfo Zigelli, recebe luz solar no período da manhã conforme ilustrado na Figura 34 (a). Por outro lado, a fachada Noroeste do edifício envidraçado recebe luz solar direta a partir das 12h até às 16h durante todo o ano, conforme demonstrado na Figura 34 (b).

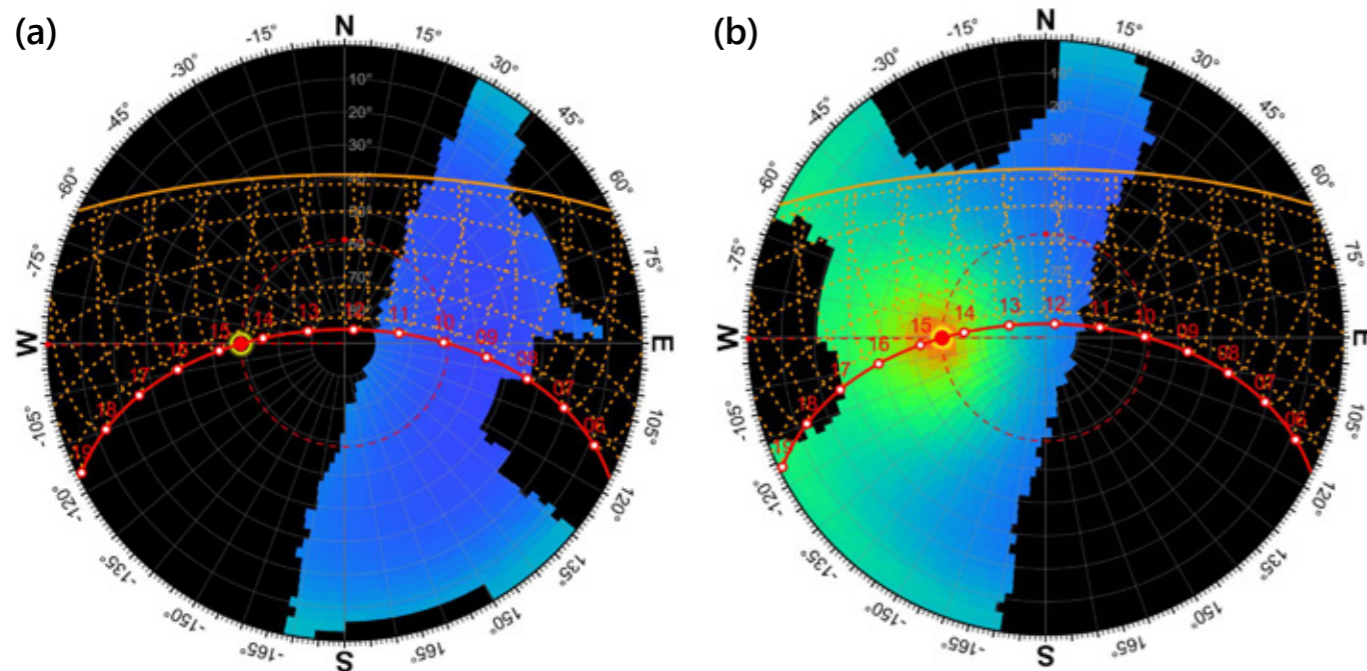


Figura 34: Máscara de sombra para o horário das 15h no solstício de verão (a) para a sala comercial e (b) para o edifício envidraçado. Fonte: Elaboração própria (2019).

Alguns testes demonstraram que o ofuscamento decorrido para o meio-dia e às 13h acontecia sobretudo devido ao céu, sendo a influência do edifício refletivo desprezível. Isto acontece porque nestes horários o sol encontra-se a pino, e não incide diretamente sobre a fachada refletiva, mas sim sobre a cobertura das edificações. Desta forma, serão realizadas simulações mensais para as médias horárias das 14h, 15h e 16h.

Para simulação, os parâmetros do Radiance foram customizados a fim de garantir mais coerência e proximidade com a realidade. Estipularam-se valores de reflexões no ambiente (ambient bounces – ab), das divisões (ambient divisions – ad) e de resolução do ambiente (ambient resolution), conforme a Figura 35.

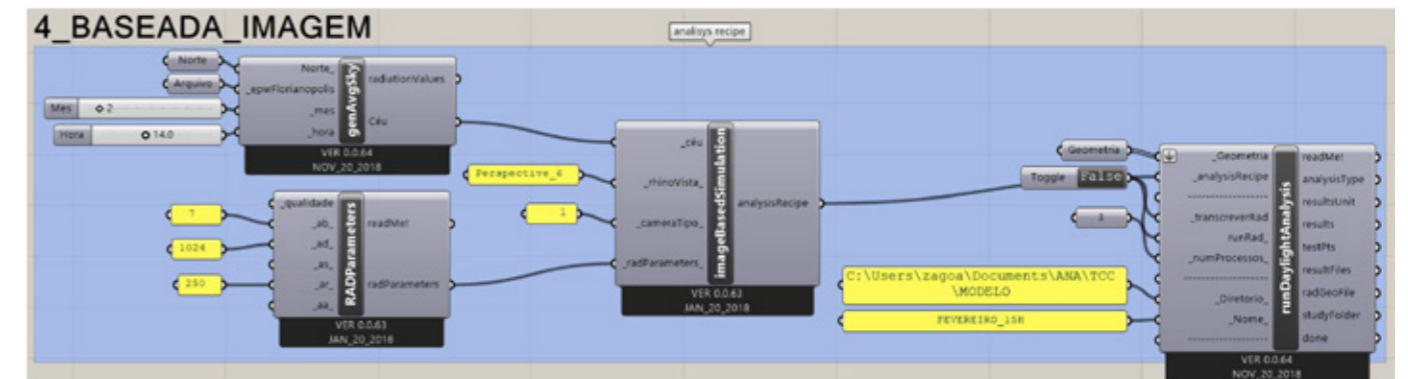


Figura 35: Terceira parte do script de simulação. Fonte: Elaboração própria (2019).

O produto destas simulações são imagens HDR, capazes de captar o brilho em uma cena, e imagens com escala em *false color* de luminância de 5000 cd/m^2 , que evidenciam em cores os pontos com maior intensidade de brilho. A Figura 36 ilustra exemplos dessas imagens para o mês de fevereiro às 15h. Fica evidente a diferença entre os níveis de iluminação interno e externos, e a participação do edifício envidraçado para com o ofuscamento, uma vez que sua superfície se encontra bastante avermelhada.

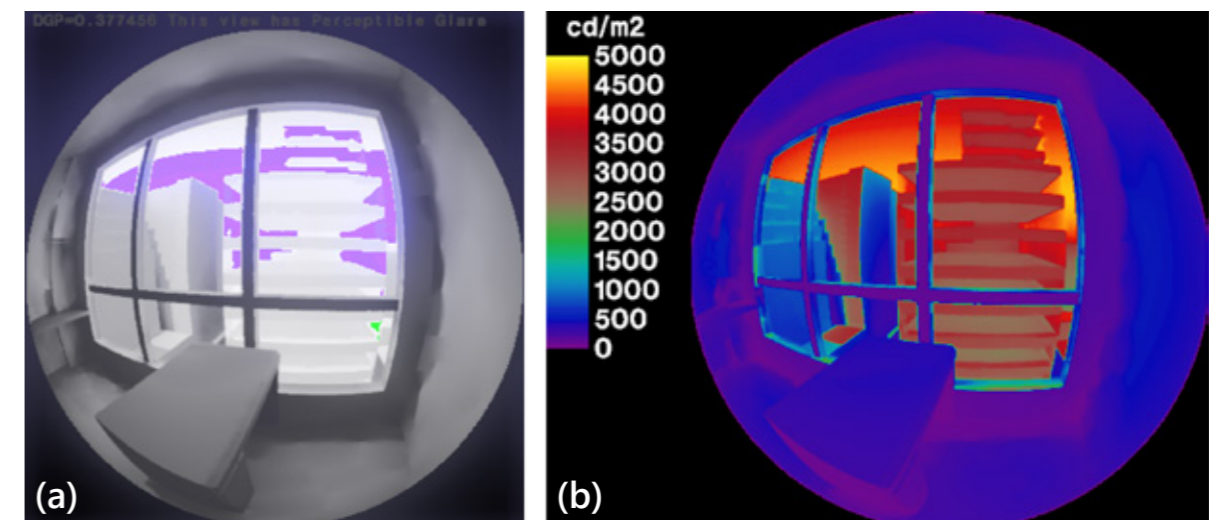


Figura 36: (a) Imagem HDR com índice DGP. (b) Imagem em *false color* evidenciando o contraste de luminâncias. Fonte: Elaboração própria (2020).

4



Figura 37: (a) Residencial Vítrea em São Paulo. (b) Morfologia multifacetada do Residencial Vítrea. Fonte: ARCOWEB (2015).

RESULTADOS & MEDIDAS MITIGADORAS

Neste capítulo serão apresentados os resultados e possíveis medidas mitigadoras para o ofuscamento. Inicialmente, através das imagens com escala em *false color* será apresentada a relação da transmissão luminosa do vidro com a influência do entorno. Posteriormente, o mesmo será feito para reflexão externa. Na sequência, tabelas e gráficos demonstram os resultados obtidos ao correlacionar as transmissões com as reflexões luminosas. Por fim, a partir destes resultados, são propostas e avaliadas possíveis medidas mitigadoras.

4.1. TRANSMISSÃO LUMINOSA

Um dos parâmetros variados entre as simulações foi a transmissão luminosa (TL), ou seja, a quantidade de luz que atravessa o vidro e adentra a sala comercial. Dentre as seis TL simuladas, o índice de 70% foi o mais suscetível a ocorrência de ofuscamento. Esta condição não se repetiu para os índices iguais ou inferiores a TL de 60%, embora os resultados para esta TL sejam muito próximos ao DGP de 0,35.

Ao compararmos por meio de imagens a relação da transmissão luminosa com o potencial de ofuscamento, percebe-se que a influência da luminosidade externa é diretamente proporcional com a redução da TL. Conseqüentemente, o contraste do brilho entre interior e exterior é minimizado, conforme ilustrado na Figura 40.

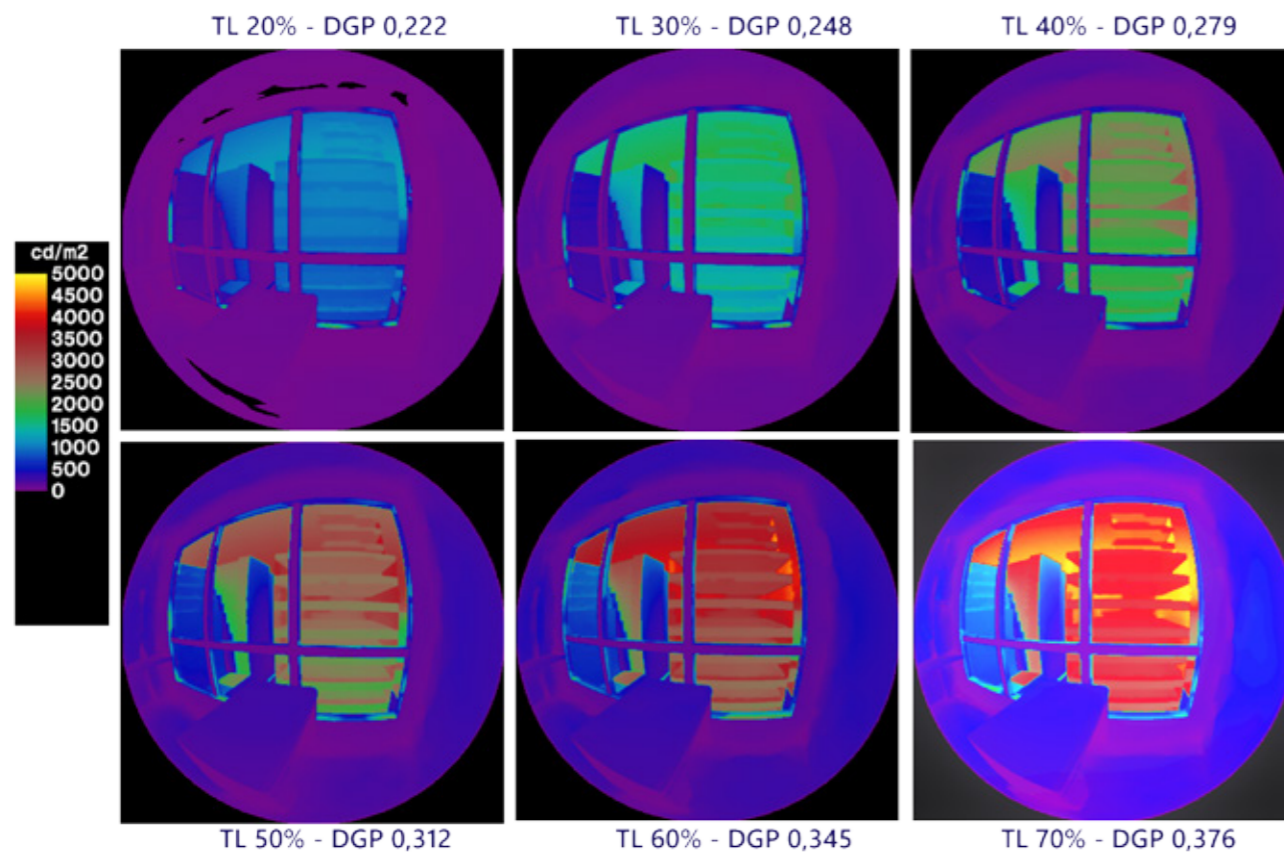


Figura 38: Sequência de imagens com diferentes transmissões luminosas. O mês de referência é fevereiro às 15h com Re de 32%. Fonte: Elaboração própria (2020).

A redução da transmissão luminosa demonstrou-se eficiente para evitar ou minimizar o ofuscamento no ambiente receptor da reflexão de brilho excessivo. A desvantagem é que o aproveitamento da iluminação natural no ambiente pode ser prejudicado. Por outro lado, caso o vidro deste ambiente tenha TL superior a 70%, o ofuscamento pode ser recorrente e mais intenso. Ainda, é importante salientar que os índices obtidos são uma média horária mensal, portanto, pode existir variação dentro de um mesmo horário, inclusive alteração de nível de ofuscamento.

4.2. REFLEXÃO LUMINOSA EXTERNA

Para o edifício envidraçado, a reflexão luminosa externa (Re) foi variada. O ofuscamento e a Re também estabeleceram uma relação diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a reflexão, maior o DGP. Logo, das quatro Re simuladas, a que obteve maiores índices foi a Re de 32%. Ainda assim, não alcançou relevância para perturbar um indivíduo.

As Re iguais ou menores a 16% obtiveram níveis imperceptíveis, embora muito próximos a 0,35. Em poucas situações, a Re de 24% culminou com DGP perceptível. Esta situação aconteceu apenas no horário das 15h e para TL de 70%, de novembro a março. Por outro lado, a Re de 32% superou o DGP de 0,35 para os três horários simulados com TL de 70%. Excetuando-se os meses de junho, julho e setembro, as demais médias mensais para o horário das 15h registraram ofuscamento perceptível, sendo fevereiro o mês com as médias mais elevadas.

Na Figura 41 é perceptível o aumento de contraste entre a luminosidade interna e externa quando a Re se eleva.

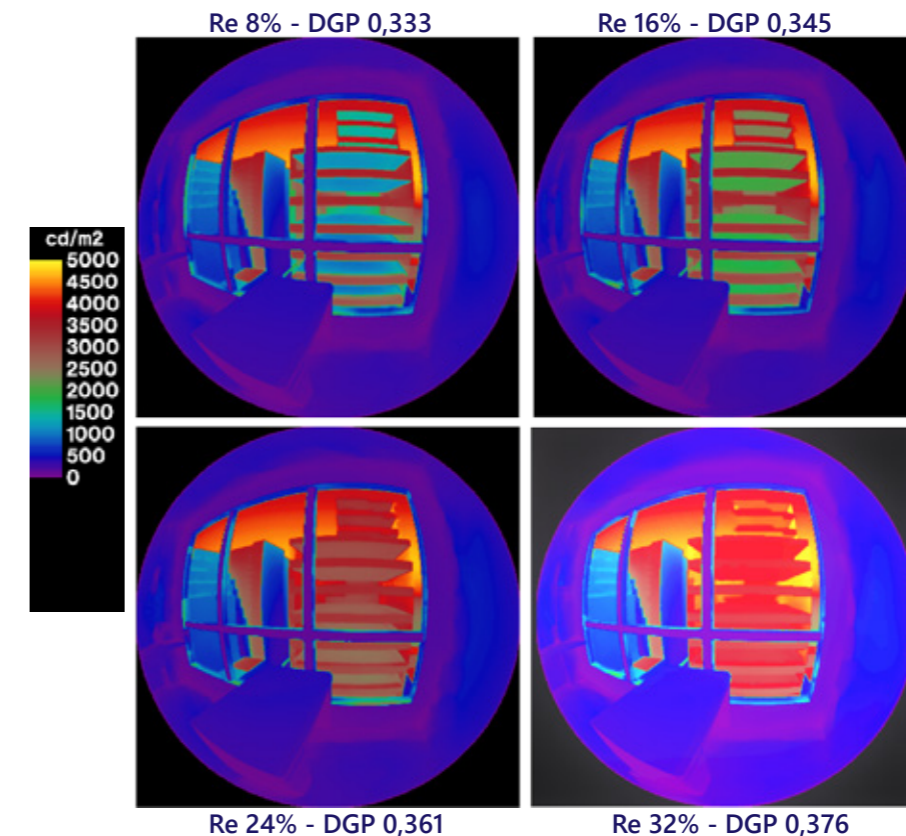


Figura 39: Sequência de imagens com diferentes Re. O mês de referência é fevereiro às 15h. Fonte: Elaboração própria (2020).

Portanto, a redução da Re também foi satisfatória para cessar ou minimizar a propabilidade de ofuscamento quando aplicada à fonte (edifício envidraçado). Entretanto, sua redução pode aumentar o ganho de carga térmica da edificação por meio do vidro, uma vez que menos radiação solar será refletida para o exterior.

4.3. RESULTADOS

Considerando a Re de 32%, dentre os horários simulados, o horário das 15h configurou-se como o mais crítico com mais probabilidade de acontecer ofuscamento durante 9 meses (de outubro à maio e em agosto). Para os três horários, registrou-se ofuscamento de janeiro a março, trimestre em que também se obtiveram os valores mais altos de DGP. Os meses de junho, julho e setembro são os menos propensos ao ofuscamento. O DGP máximo foi encontrado para às 15h do mês de fevereiro. Às 14h o maior DGP foi registrado em março e, às 16h ocorre novamente em fevereiro. A comparação é demonstrada nos gráficos 5, 6 e 7.

Os vidros com Re de 24% tiveram uma influência mais significativa de novembro a março. O DGP mais elevado também foi registrado no mês de fevereiro às 15h. A comparação é ilustrada nos gráficos 8, 9 e 10.

As demais Res não causaram ofuscamento para a condição do estudo de caso. Entretanto, se compararmos graficamente o DGP, o comportamento das curvas se assemelha aos obtidos com a Re de 32% e de 24%, com pico de DGP também em fevereiro às 15h e queda acentuada para os meses de junho e julho, que não registraram ocorrência de ofuscamento em nenhuma das Res analisadas.

Embora os vidros com Re 16% não tenham ultrapassado o limite do DGP imperceptível, os índices se mantiveram muito próximos. O menor DGP ocorreu para a Re de 8% e TL 20%. Este comportamento já era esperado, tendo em vista as relações de luminosidade interna de um ambiente com a Re e TL, explicadas em 4.1. e 4.2. Os gráficos na página seguinte demonstram as curvas médias de DGP para as Res de 16% e 8%.

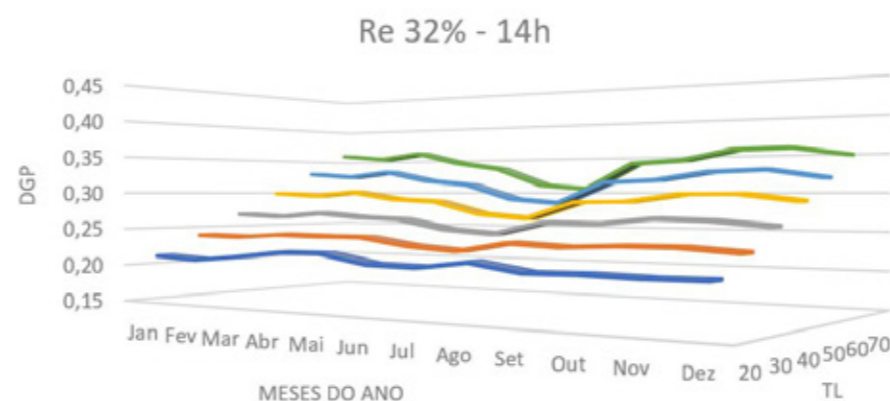


Gráfico 5: DGP Re 32% 14h. Fonte: Elaboração própria (2020)

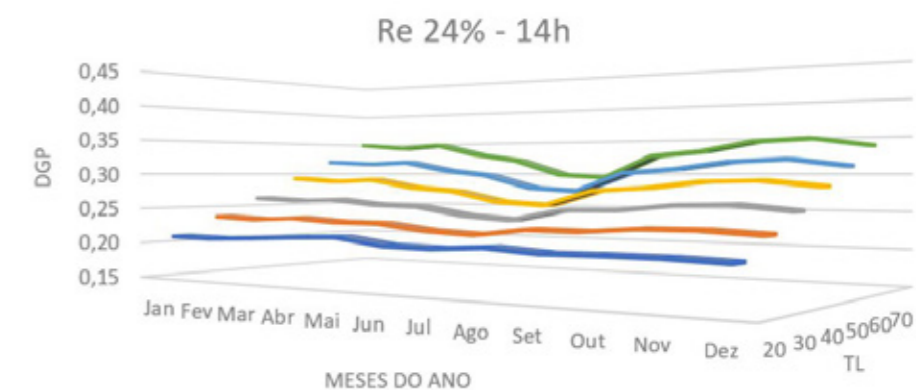


Gráfico 8: DGP Re 24% 14h. Fonte: Elaboração própria (2020)

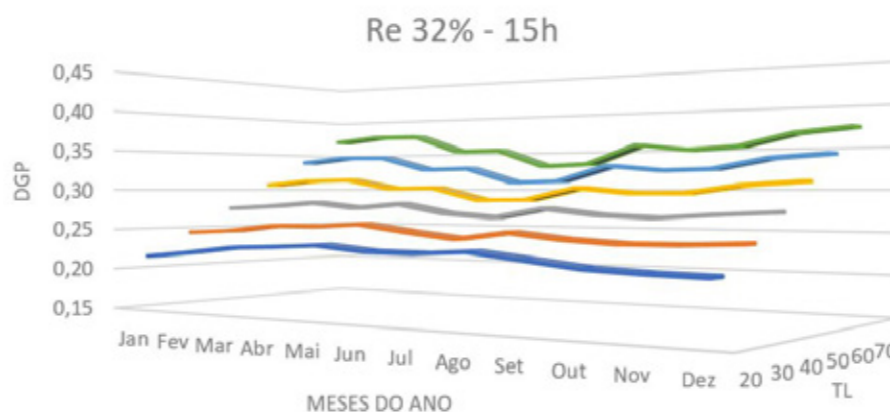


Gráfico 6: DGP Re 32% 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

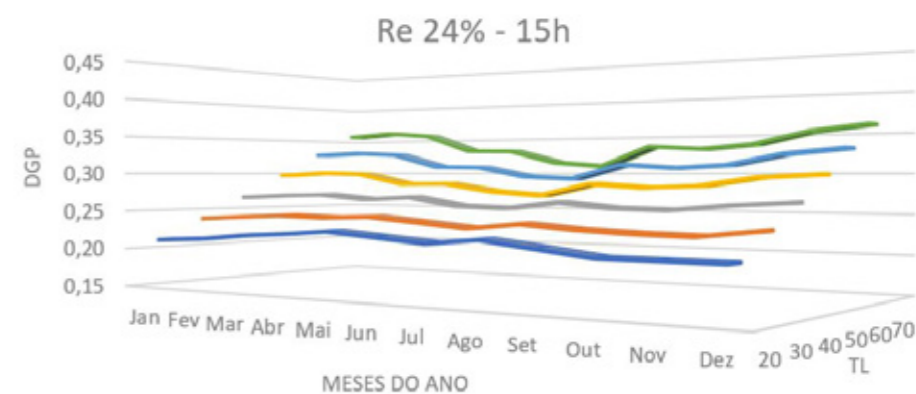


Gráfico 9: DGP Re 24% 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

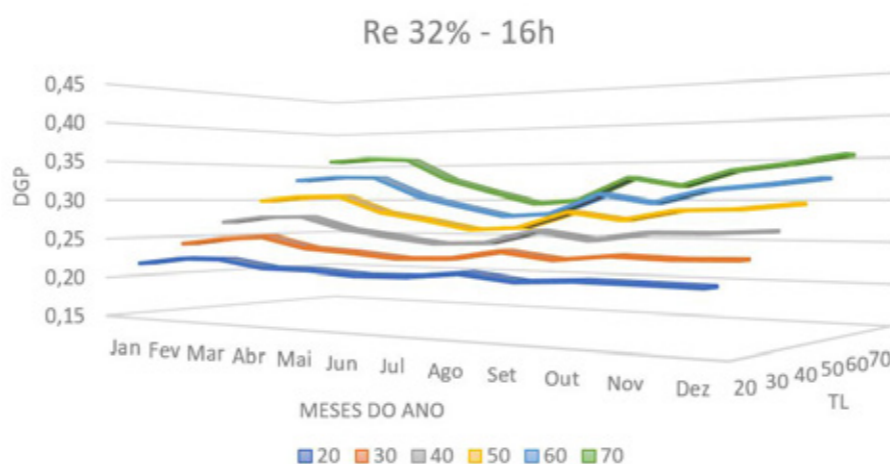


Gráfico 7: DGP Re 32% 16h. Fonte: Elaboração própria (2020)

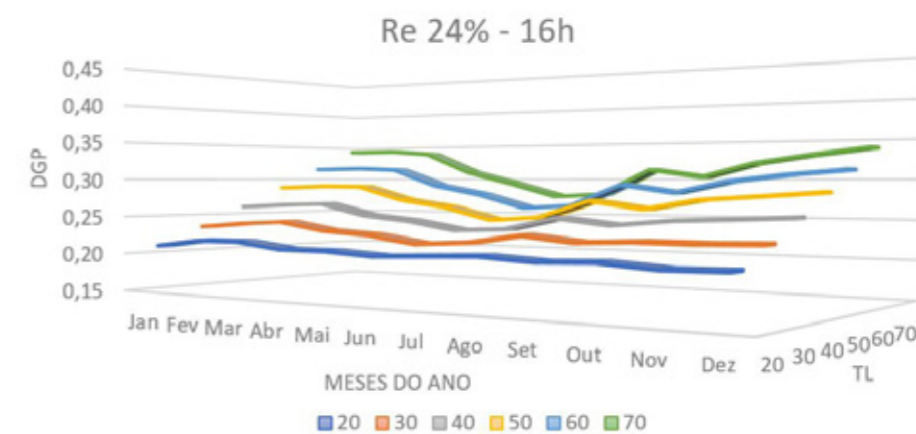


Gráfico 10: DGP Re 24% 16h. Fonte: Elaboração própria (2020)

4.3. RESULTADOS

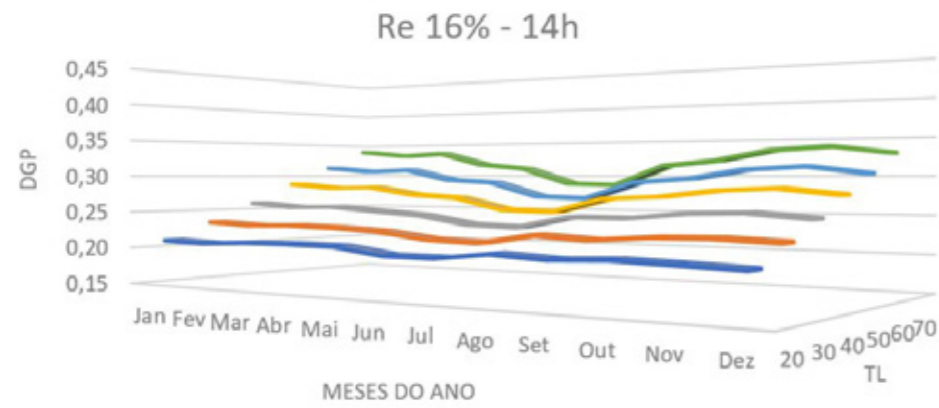


Gráfico 11: DGP Re 16% 14h. Fonte: Elaboração própria (2020)

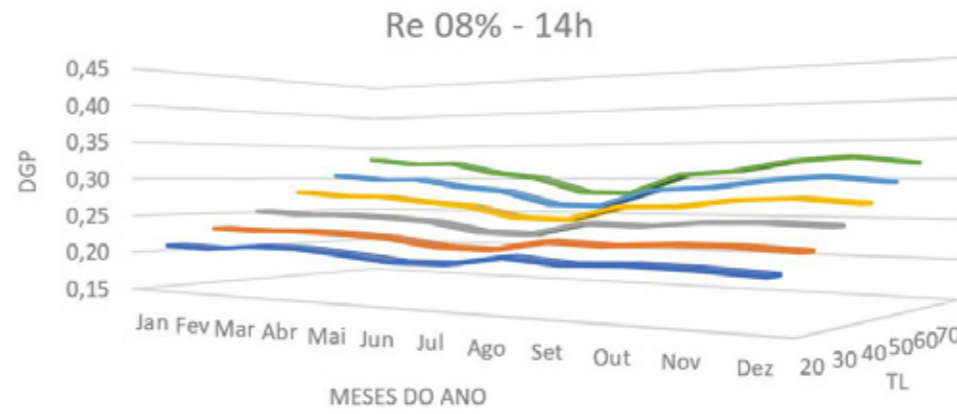


Gráfico 14: DGP Re 8% 14h. Fonte: Elaboração própria (2020)

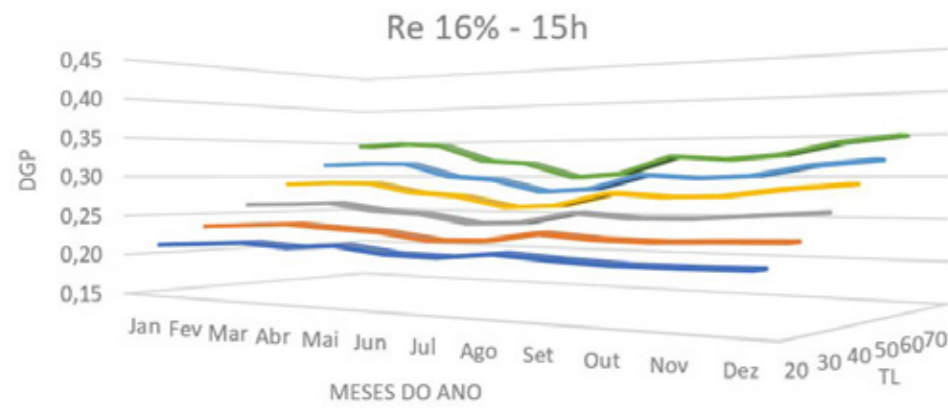


Gráfico 12: DGP Re 16% 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

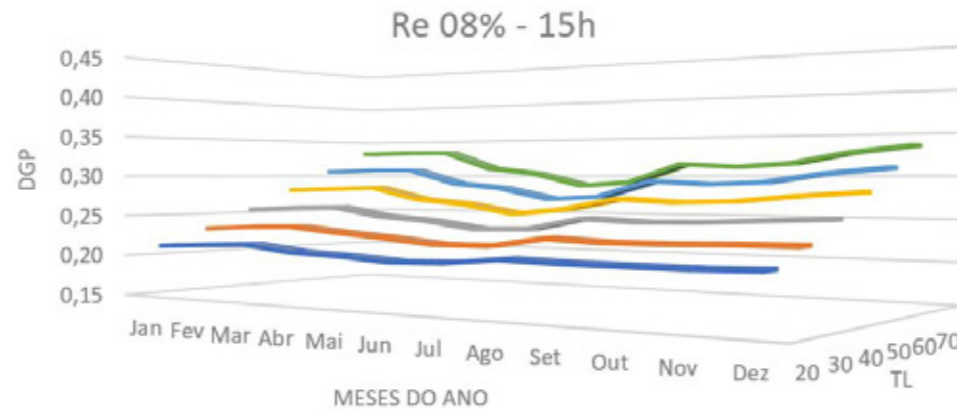


Gráfico 15: DGP Re 8% 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

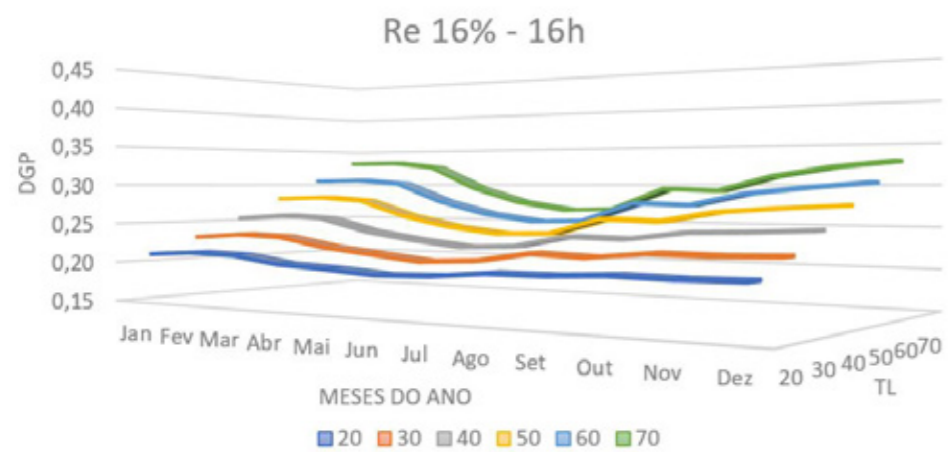


Gráfico 13: DGP Re 16% 16h. Fonte: Elaboração própria (2020)

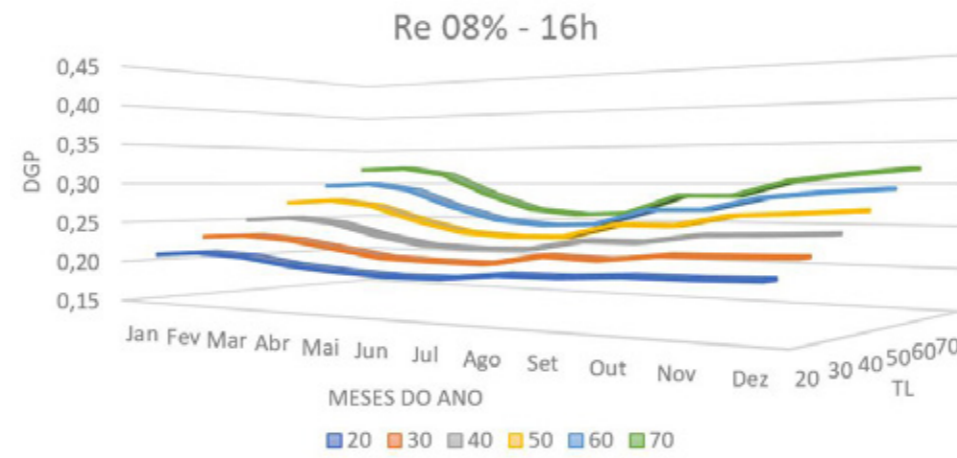


Gráfico 16: DGP Re 8% 16h. Fonte: Elaboração própria (2020)

Com o intuito de amenizar o ofuscamento, quatro medidas mitigadoras foram aplicadas à fachada do edifício envidraçado e analisadas para o mês e horário mais críticos (fevereiro às 15h), e para maior transmissão luminosa (TL 70%). As interferências na face Noroeste englobam questões desde os materiais utilizados até a morfologia e proteção solar da envoltória. A seguir são apresentados croquis esquemáticos sobre a relação das medidas com a incidência da radiação e luz solar.



Figura 40: Croquis esquemáticos do comportamento das reflexões. Fonte: Elaboração própria (2020)

Na fachada opaca a reflexão acontece de maneira difusa, sua interferência pode ser maior se comparada a uma fachada envidraçada devido a esta característica. Já na face inclinada, as reflexões são direcionadas para baixo, diminuindo a influência sobre o prédio vizinho. E quanto ao brise e a persiana externa, o princípio de proteção se dá impedindo que a luz direta incida no pano de vidro, minimizando assim as reflexões para o entorno.

4.4.1. Materiais

A primeira proposta diz respeito aos materiais aplicados a fachada e ao percentual de abertura. Nesta opção, o envidraçamento foi substituído por uma parede opaca de cor branca, com refletância de 70%. A cor branca foi escolhida porque garante mais eficiência energética a edificação, já que é capaz de refletir para o exterior um percentual maior de calor quando comparada a outras cores.

4.4. MEDIDAS MITIGADORAS

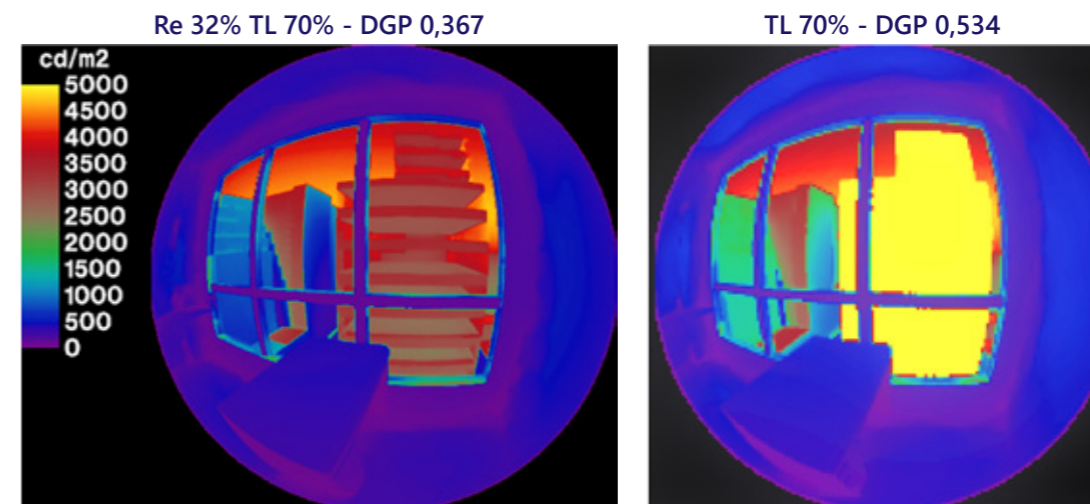


Figura 41: Comparação entre o maior índice DGP entre as Re testadas e o edifício branco. Fonte: Elaboração própria (2020)

Ao comparar o potencial de ofuscamento da face opaca com o vidro mais refletivo (Re de 32%), a fachada branca demonstrou-se bastante agressiva, alcançando níveis intoleráveis. O edifício claro ultrapassou o limite de 5000 cd/m^2 e passou a agente principal na causa do ofuscamento. A Figura 41 evidencia as diferenças no mês de fevereiro às 15h entre a pior situação simulada com vidro refletivo e o edifício branco.

Para maior acuidade e verificação de ocorrência dessa condição, foram realizadas simulações mensais durante um ano para o horário das 15h, 14h e 16h. Os resultados obtidos demonstram um aumento generalizado nos índices de DGP. Ao comparar graficamente (gráficos 17 e 18) as curvas de ambas as situações, percebe-se que existe uma coerência nos contornos. Entretanto, para fachada branca, em vários meses do ano o DGP extrapolou o limite do perceptível, e também foi recorrente para uma faixa maior de transmissões luminosas, desde os 40%.

O horário e mês mais críticos continuam sendo fevereiro às 15h. Para simulação da face branca, com TL de 70% para o vidro da sala comercial, os níveis de DGP foram intoleráveis. O horário das 15 registrou níveis intoleráveis durante todos os meses. Apenas o horário das 16h registrou índices inferiores a 0,40. Todos os dados de DGP coletados nas simulações podem ser visualizados na Tabela 8.

Tendo em vista os resultados apresentados, parede branca opaca não é uma solução adequada para amenizar o ofuscamento. Em verdade, esta medida potencializou os índices DGP.

4.4. MEDIDAS MITIGADORAS

Tabela 8: Médias mensais do índice DGP e comparação com o vidro mais refletivo.

Horário	Mês TL	Re 32%						Edifício Branco					
		20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70
14h	Jan	0,212	0,239	0,268	0,299	0,329	0,359	0,271	0,305	0,341	0,381	0,424	0,467
	Fev	0,209	0,238	0,265	0,295	0,324	0,353	0,270	0,309	0,349	0,385	0,426	0,469
	Mar	0,215	0,242	0,271	0,301	0,331	0,361	0,281	0,327	0,374	0,425	0,473	0,523
	Abr	0,223	0,242	0,266	0,291	0,317	0,345	0,279	0,322	0,365	0,412	0,459	0,502
	Mai	0,223	0,242	0,264	0,288	0,311	0,335	0,270	0,308	0,347	0,390	0,431	0,472
	Jun	0,212	0,232	0,252	0,271	0,291	0,311	0,247	0,278	0,310	0,344	0,376	0,409
	Jul	0,211	0,228	0,247	0,266	0,285	0,305	0,252	0,284	0,317	0,350	0,385	0,418
	Ago	0,220	0,239	0,263	0,288	0,314	0,341	0,276	0,318	0,361	0,408	0,450	0,495
	Set	0,210	0,236	0,262	0,289	0,317	0,345	0,275	0,318	0,361	0,406	0,451	0,496
	Out	0,211	0,239	0,269	0,298	0,327	0,358	0,279	0,322	0,366	0,412	0,459	0,503
	Nov	0,210	0,240	0,268	0,299	0,329	0,359	0,278	0,323	0,370	0,419	0,466	0,514
	Dez	0,210	0,235	0,262	0,291	0,319	0,349	0,268	0,308	0,348	0,381	0,421	0,464
15h	Jan	0,216	0,245	0,275	0,307	0,339	0,370	0,284	0,332	0,380	0,432	0,482	0,532
	Fev	0,222	0,248	0,279	0,312	0,345	0,376	0,303	0,339	0,388	0,443	0,494	0,547
	Mar	0,230	0,255	0,284	0,313	0,344	0,375	0,292	0,342	0,392	0,446	0,500	0,553
	Abr	0,232	0,255	0,277	0,302	0,327	0,353	0,280	0,324	0,367	0,414	0,461	0,508
	Mai	0,236	0,259	0,283	0,302	0,328	0,354	0,285	0,329	0,374	0,421	0,468	0,513
	Jun	0,230	0,251	0,272	0,287	0,310	0,332	0,273	0,310	0,348	0,388	0,427	0,466
	Jul	0,23	0,244	0,267	0,288	0,311	0,334	0,273	0,312	0,352	0,395	0,436	0,476
	Ago	0,234	0,253	0,279	0,302	0,330	0,357	0,283	0,328	0,373	0,422	0,469	0,518
	Set	0,227	0,246	0,272	0,296	0,324	0,350	0,279	0,323	0,368	0,414	0,460	0,516
	Out	0,220	0,243	0,269	0,296	0,325	0,353	0,279	0,323	0,368	0,416	0,463	0,508
	Nov	0,218	0,243	0,273	0,305	0,337	0,368	0,285	0,334	0,382	0,433	0,484	0,534
	Dez	0,216	0,246	0,277	0,309	0,341	0,374	0,286	0,332	0,381	0,433	0,483	0,534
16h	Jan	0,217	0,242	0,269	0,299	0,328	0,357	0,273	0,317	0,361	0,408	0,408	0,499
	Fev	0,225	0,249	0,276	0,303	0,332	0,360	0,274	0,319	0,361	0,410	0,456	0,503
	Mar	0,226	0,253	0,277	0,304	0,331	0,358	0,269	0,313	0,355	0,400	0,444	0,488
	Abr	0,217	0,240	0,261	0,283	0,305	0,328	0,259	0,293	0,328	0,366	0,402	0,438
	Mai	0,217	0,236	0,254	0,273	0,291	0,310	0,255	0,286	0,317	0,349	0,381	0,413
	Jun	0,213	0,230	0,246	0,262	0,278	0,295	0,250	0,277	0,305	0,334	0,362	0,391
	Jul	0,214	0,232	0,248	0,265	0,282	0,300	0,251	0,279	0,307	0,338	0,367	0,397
	Ago	0,220	0,242	0,263	0,285	0,307	0,329	0,260	0,295	0,331	0,369	0,405	0,443
	Set	0,214	0,234	0,254	0,276	0,296	0,317	0,250	0,284	0,317	0,353	0,387	0,421
	Out	0,217	0,240	0,263	0,288	0,311	0,336	0,255	0,292	0,329	0,368	0,407	0,446
	Nov	0,216	0,238	0,263	0,289	0,317	0,344	0,261	0,300	0,341	0,384	0,425	0,468
	Dez	0,215	0,239	0,266	0,296	0,324	0,353	0,272	0,316	0,358	0,403	0,447	0,492

Fonte: Elaboração própria (2020)

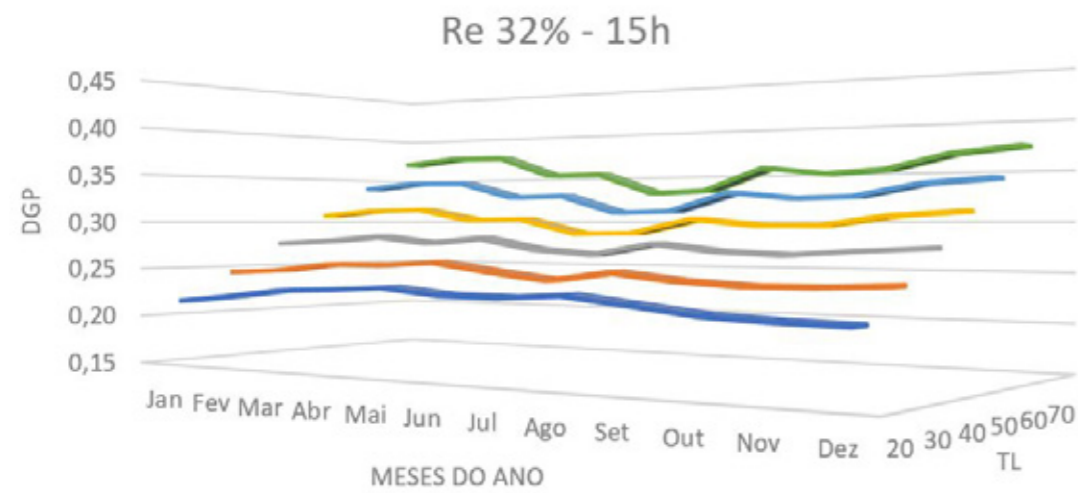


Gráfico 17: DGP Re 13% 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

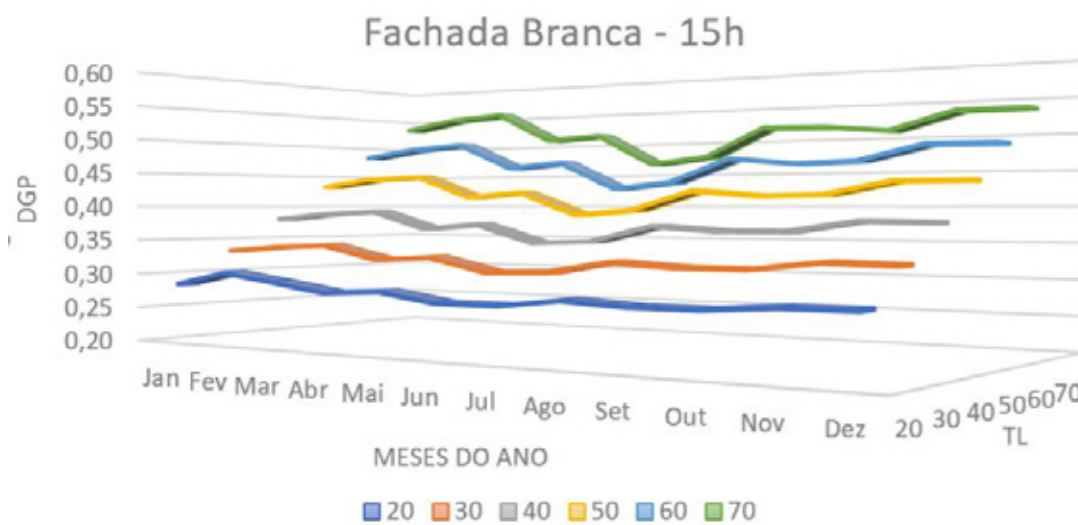


Gráfico 18: DGP fachada branca às 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

4.4.2. Morfologia

Danks, Good e Sinclair (2016) estudaram o comportamento das reflexões de acordo com a forma. Concluíram que a descontinuidade da face resulta em áreas focais de menor intensidade, conseqüentemente, com menor probabilidade de ocorrer ofuscamento. A partir deste princípio, propõe-se uma fachada com seções de planos inclinados em 17° (Figura 42). Aliada à descontinuidade, a inclinação da face pode reduzir o perímetro de influência da fachada envidraçada sobre o entorno, uma vez que o ângulo de incidência entre o plano inclinado e o sol é reduzido em relação a face plana.

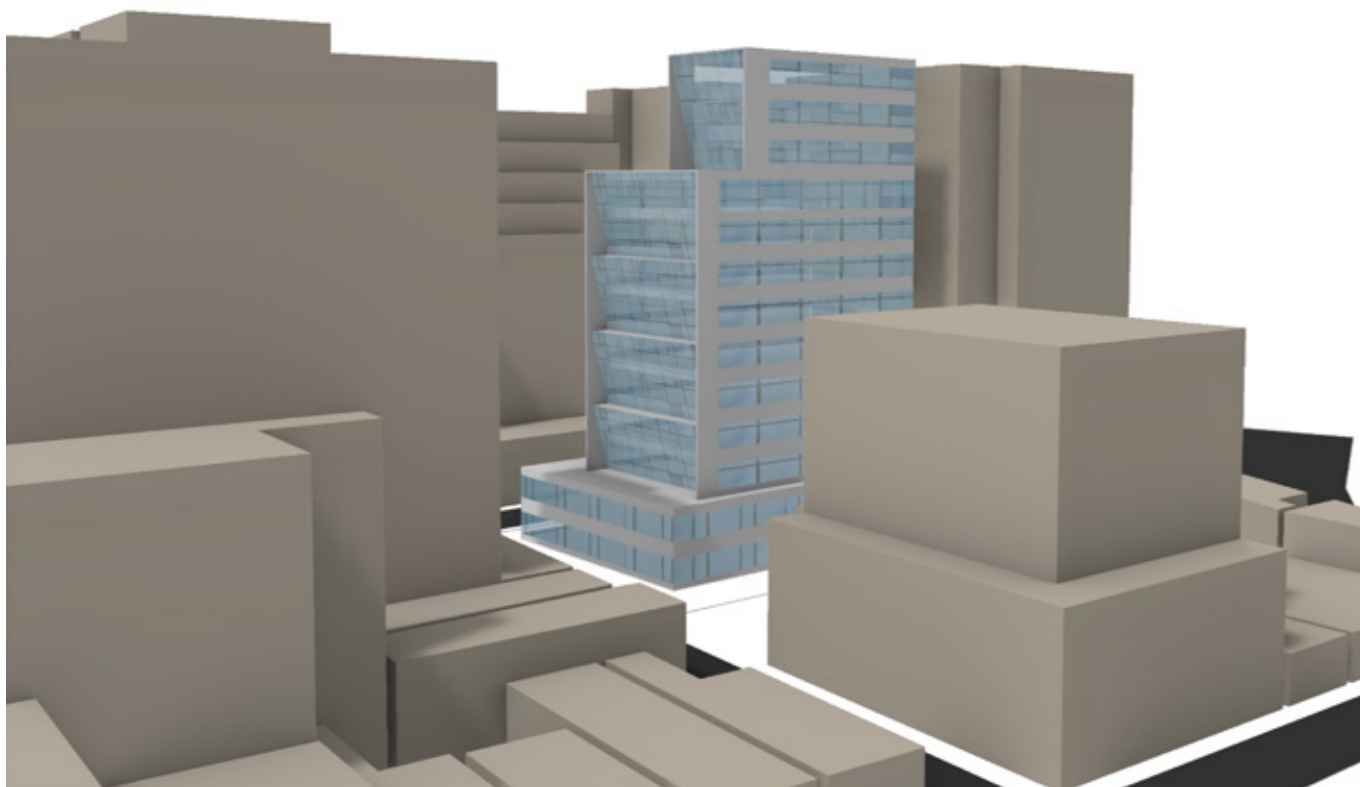


Figura 42: Modelo com fachada inclinada descontinuada. Fonte: Elaboração própria (2020).

Foram realizados testes para inclinações de 10° e 15° para o mês de fevereiro às 15h. A angulação de 10° não demonstrou significativa alteração de DGP. Já na de 15° a redução foi maior, porém não houve alteração do status do índice. Para alcançar melhores resultados, utilizou-se um ângulo de 17° para os panos de vidro, que culminou com a alteração do nível de DGP de perceptível para imperceptível. Na Figura 43 é possível comparar a redução do DGP entre a simulação da fachada plana com vidro refletivo (Re 32%) e a fachada inclinada com mesmas configurações.

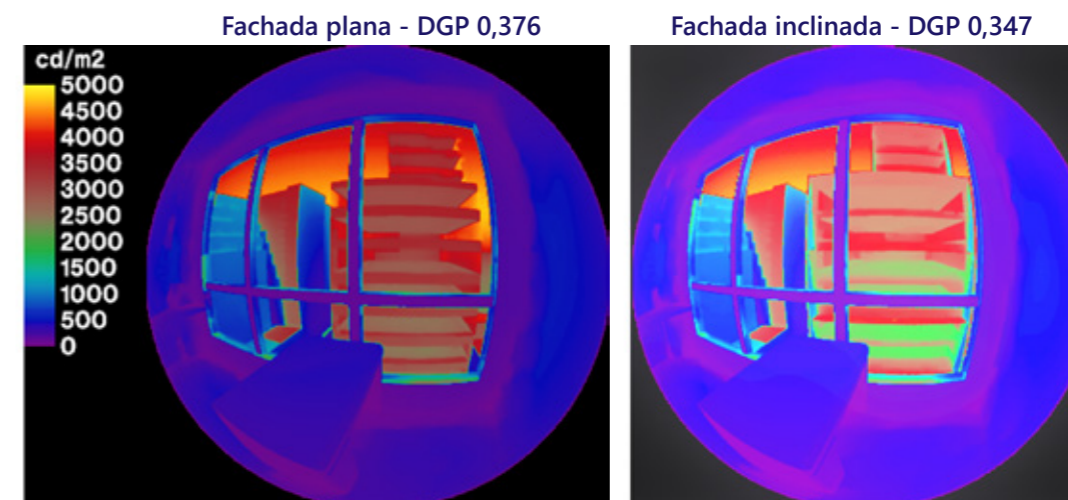


Figura 43: Comparação do DGP entre a fachada plana e a fachada inclinada com vidros de Re de 32%, sendo os vidros da sala comercial com TL de 70%. Fonte: Elaboração própria (2020).

O design inclinado proposto não é uma regra, tampouco a angulação. A morfologia pode e deve variar assim como as inclinações, dependendo das premissas do projeto e do local de implantação. No Brasil, por exemplo, no empreendimento Aqwa Corporate (Figura 44 (a)) no Rio de Janeiro, as faces envidraçadas são trabalhadas em seções de inclinações diferentes. A seção plana é trabalhada com vidros inclinados compondo um leve serrilhado na vista lateral da edificação. Na Avenida Brigadeiro Faria Lima em São Paulo, a sede corporativa o Banco Itaú (Figura 44 (b)) também trabalha panos de vidro inclinados, que configuram um aspecto de pirâmide invertida a edificação.



Figura 44: (a) Aqwa Corporate, Rio de Janeiro capital. (b) Sede corporativa do Banco Itaú em São Paulo. Fonte: ARCOWEB (2018); GUARDIAN GLASS (2020).

4.4.3. Elementos de proteção

Nesta categoria são abordadas duas intervenções na fachada que visam proteger a área envidraçada da incidência da radiação e luz solar direta, agindo como barreiras.

a) Persianas externas

As persianas externas (Figura 45) são disponíveis em diferentes cores e espaçamentos. Porém, os fabricantes desse material não fornecem informações sobre propriedades óticas específicas (transmissão e reflexão especular e difusa e rugosidade). Portanto, para simulação se utilizou as configurações de persiana interna disponível na biblioteca do *software*. Os dados de entrada são ilustrados na Figura 46. O material foi configurado como sombreamento, correspondente ao tipo númeo seis.

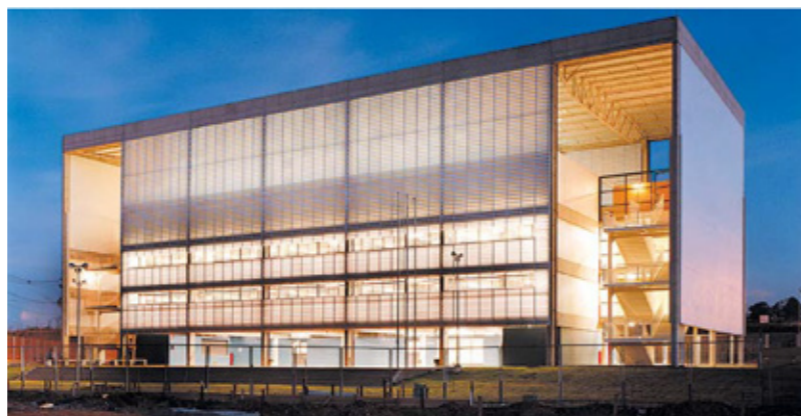


Figura 45: Escola em Campinas (SP) com persianas externas. Fonte: ARCHDAILY (2011).

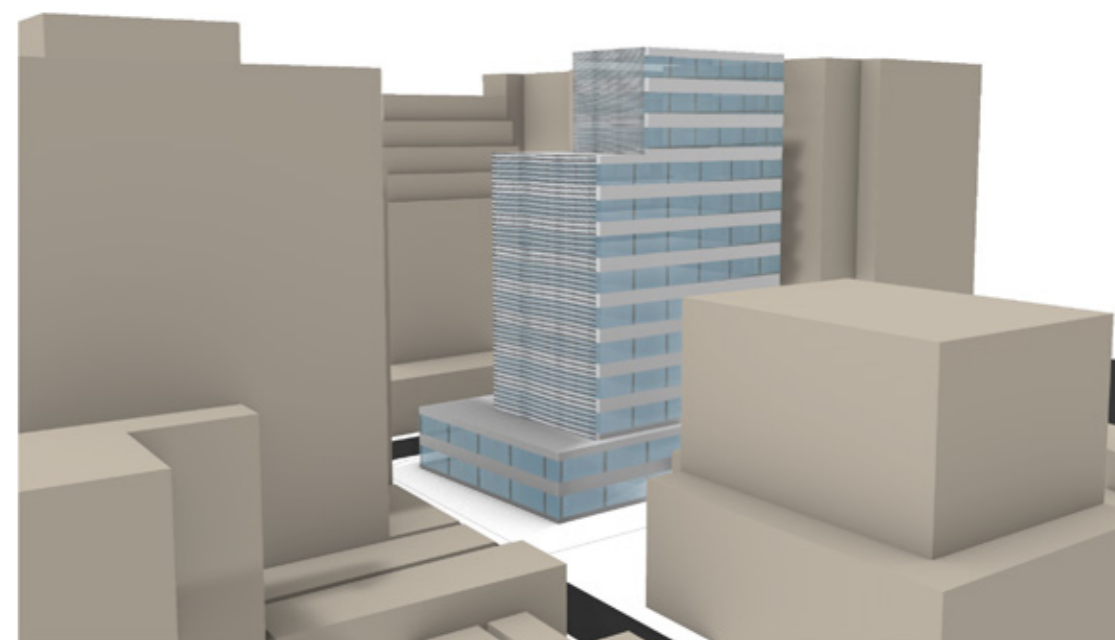


Figura 47: Sequência de imagens com diferentes transmissões luminosas. O mês de referência é fevereiro às 15h com Re de 32%. Fonte: Elaboração própria (2020).

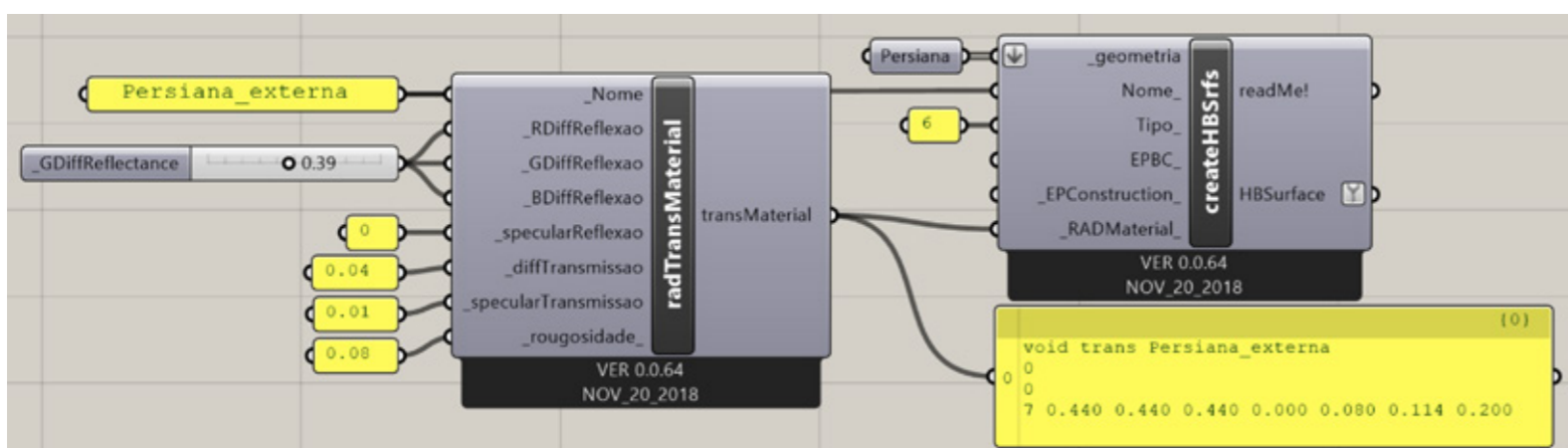


Figura 46: Sequência de imagens com diferentes transmissões luminosas. O mês de referência é fevereiro às 15h com Re de 32%. Fonte: Elaboração própria (2020).

O modelo foi construído de acordo com a Figura 47, com uma persiana única sobre a face para simplificação. As simulações foram realizadas com o vidro refletivo com Re de 32% para 70% de TL nos vidros da sala comercial no horário e mês crítico. Os resultados obtidos revelaram que apesar de reduzir a incidência solar direta sobre o vidro, o efeito da persiana sobre a sala comercial foi negativo, uma vez que os níveis de ofuscamento aumentaram se comparados a mesma situação sem a persiana, conforme apresentado na Figura 48. O nível passou de perceptível para perturbador.

Fachada sem persiana - DGP 0,376

Fachada com persiana - DGP 0,404

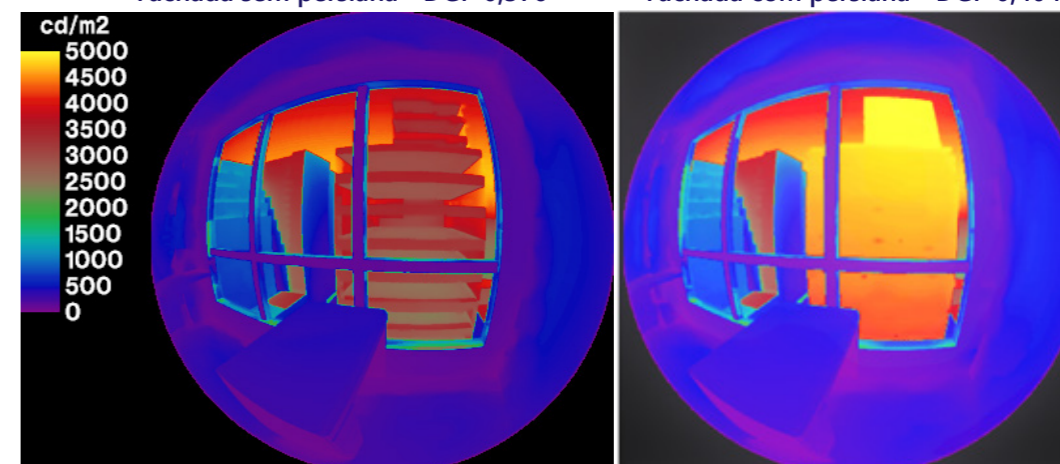


Figura 48: Comparação do DGP entre a fachada refletiva sem persiana e com persiana. O mês de referência é fevereiro às 15h. Fonte: Elaboração própria (2020).

Acredita-se que este comportamento esteja associado a cor e ao percentual de transmissão de luz difusa do material (0,04), bem como a variação do modelo entre persianas internas e externas. O ideal é a medição das propriedades através de um gonio-espectrofotômetro para uma simulação mais próxima da realidade.

4.4. MEDIDAS MITIGADORAS

b) Brises horizontais

Os brises horizontais consistem em elementos dimensionados de acordo com a altura solar. Para dimensionar os brises para o edifício, a altura solar para o mês e horário mais crítico apontado nas simulações com vidros refletivos foi obtida no *software Dynamic Overshadowing*. Para um dia típico do mês de fevereiro às 15h, a altura solar obtida foi de $50,70^\circ$ conforme demonstrado na Figura 49.

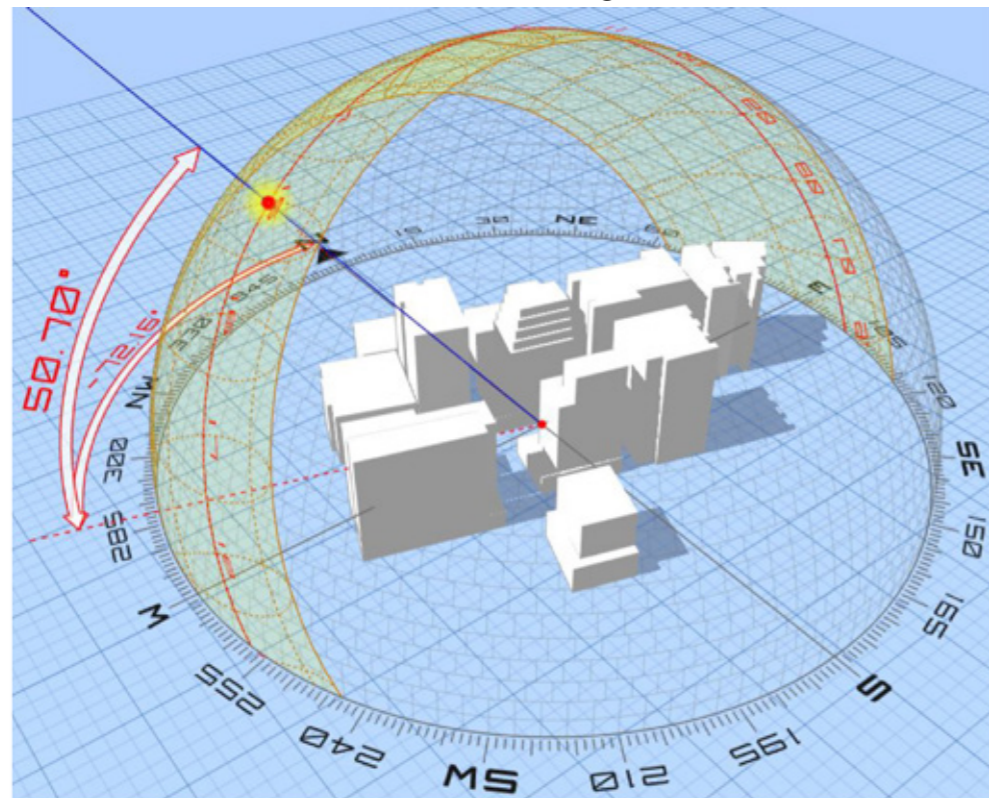


Figura 49: Altura solar de um dia típico do mês de fevereiro às 15h. Fonte: Elaboração própria (2020)

Os brises horizontais fixos foram projetados com design em diagonal por predileção estética e composição de fachada. Para o horário avaliado, a ponta esquerda com 1,15m de largura, protege cerca de 40% da face, e na ponta direita, com 2,30m de largura, supera os 90% de proteção contra a incidência de luz direta. O desenho do brise pode ser compreendido com a Figura 50.

O modelo da simulação conta com um brise por pavimento, com exceção do térreo e primeiro pavimento, que são menos afetados pela radiação e luz direta devido a altura do entorno. Os cálculos e o modelo computacional podem ser visualizados na Figura 51.

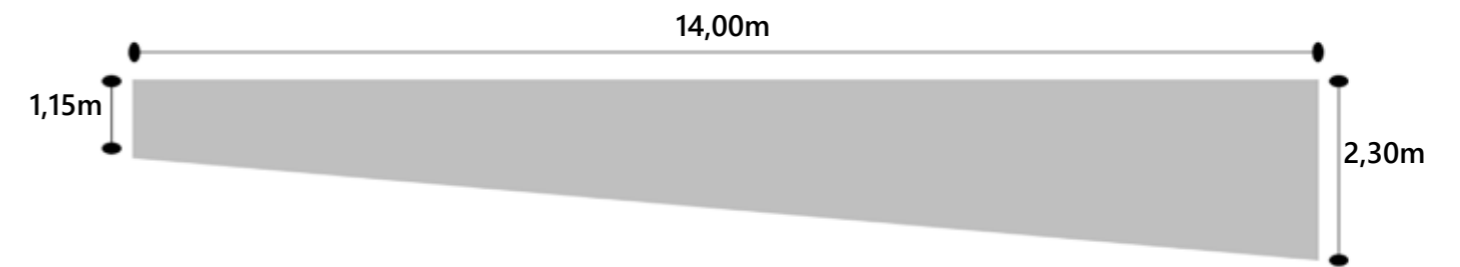


Figura 50: Vista de topo do brise. Fonte: Elaboração própria (2020)

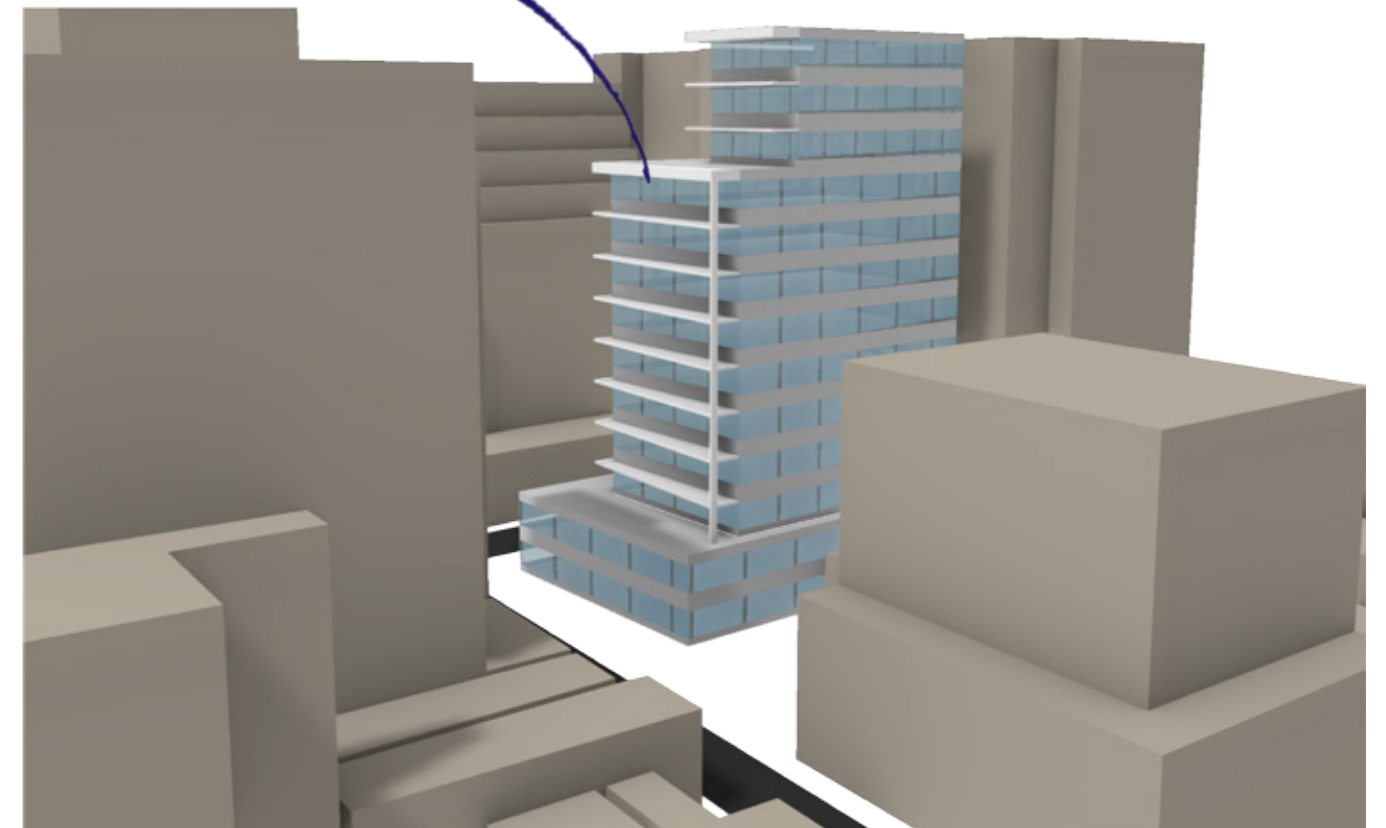
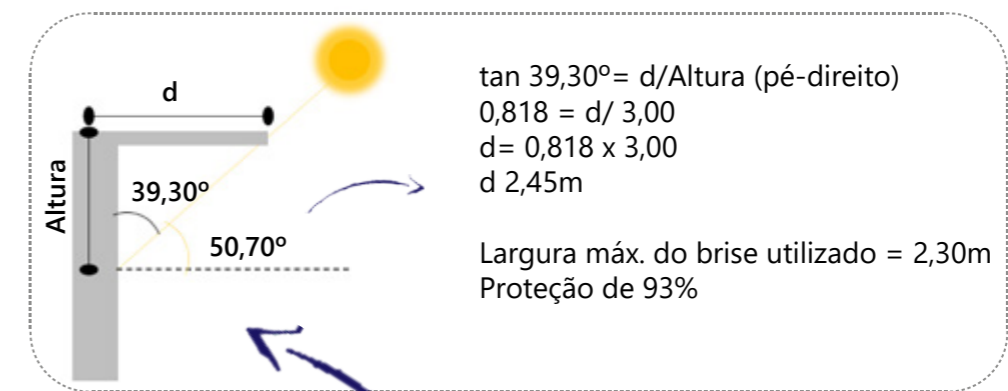


Figura 51: Modelo e dimensionamento de brises. Fonte: Elaboração própria (2020)

4.4. MEDIDAS MITIGADORAS

As simulações para esta configuração incorporaram vidros refletivos com Re de 32% e TL de 70% para o vidro da sala comercial. As imagens em *false color* foram comparados a simulação com as mesmas características, sem os brises. O horário e mês considerados, foram os apontados como mais críticos segundo o item 4.3. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, com mudança de nível do DGP de perceptível para imperceptível conforme demonstrado na Figura 52.

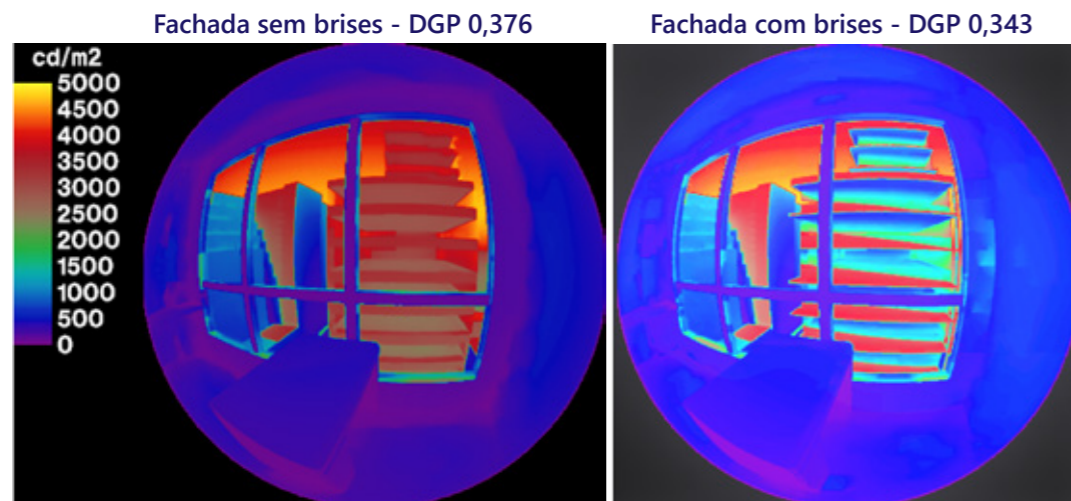


Figura 52: Comparação dos resultados obtidos entre as fachadas sem e com brise. Fonte: Elaboração própria (2020).

É importante destacar que os elementos de sombreamento propostos não são únicos. Existem inúmeros designs e materiais que compõe estes elementos. No Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (Figura 53), a própria estrutura em concreto aparente protege a face envidraçada. Os pórticos de sustentação agem como elementos de sombreamento, minimizando a incidência de radiação solar e luz direta sobre os vidros.



Figura 53: Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro. Fonte: ARCHDAILY (2014).

4.4.4. Aplicações existentes

É importante ressaltar que existem inúmeras soluções que poderiam ser aplicadas à fachada para controle do ofuscamento, embasadas nos princípios apresentados. Cabe ao projetista estudar as condições climáticas e a relação da sua proposta com o entorno a fim de explorar e propor medidas mitigadoras.

Em países com condições climáticas similares ao Brasil como a Austrália, Botswana e Argentina, o design das fachadas envidraçadas tem incorporado estratégias preventivas, inclusive misturando propostas, como a utilização de brises e fachadas inclinada, por exemplo.

Nas figuras abaixo, os prédios institucionais na Austrália seguem o princípio de descontinuidade da forma e inclinação dos panos de vidro de maneiras diferentes. Na Escola de Medicina de Canberra (Figura 54 (a)), a fachada é seccionada verticalmente e os panos de vidro inclinados estão dispostos em uma única direção. Esta estratégia pode minimizar a ocorrência de ofuscamento para o entorno, bem como otimizar o aproveitamento de iluminação natural e minimizar os ganhos de calor através do vidro, se orientado corretamente em relação ao sol. Na Universidade de Warrnambool (Figura 54 (b)), a face é segmentada horizontalmente. Seus panos de vidro inclinados em diferentes angulações conformam figuras geométricas que garantem ritmo à fachada.

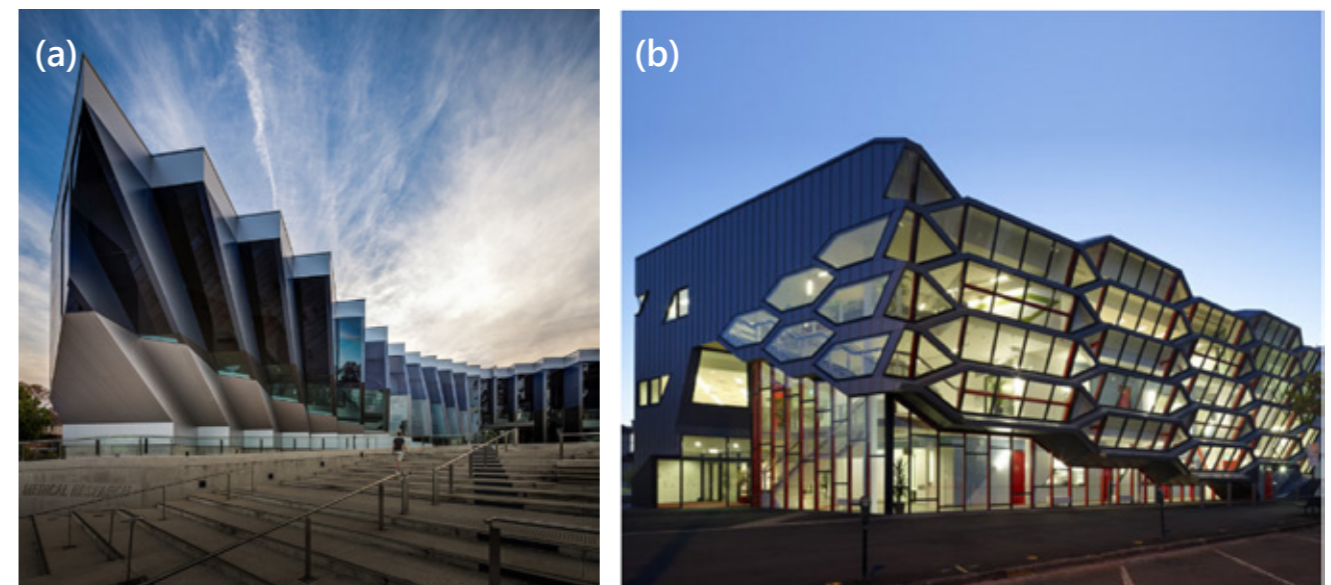


Figura 54: (a) Escola de Medicina de Camberra. (b) Universidade de Warrnambool. Fonte: COUNTRY TO CABBERRA (2020); ARCHDAILY (2010).

4.4. MEDIDAS MITIGADORAS

Em Botswana na África, o projeto do novo Centro de Inovação (Figura 55) incorpora grandes beirais que auxiliam no sombreamento das janelas em fita. Esta alternativa tem o mesmo princípio do brise horizontal proposto pelo trabalho, de modo a atuar como uma barreira física à incidência de luz e radiação solar sobre os vidros. Isto implica na redução do potencial de ofuscamento para o entorno, e pode reduzir os ganhos de calor através da abertura.



Figura 55: Centro de Inovação de Botswana. Fonte: Botswana Guardian (2016).



Figura 56: Centro Cívico de Córdoba (Argentina). Fonte: ARCHDAILY (2012).

No Centro Cívico de Córdoba (Figura 56), na Argentina, a envoltória vazada envolve a pele de vidro. Esta casca assume papel de elemento de proteção contra radiação solar e luz direta e, pode reduzir a probabilidade de ofuscamento, uma vez que a parcela opacada da fachada é trabalhada também com angulações e descontinuidade.

Os casos aqui apresentados são referências do que pode se explorar como medida mitigadora para conter o ofuscamento. Entretanto, para verificação da funcionalidade da proposta, é importante que sejam feitos estudos das condicionantes climáticas e simulações de validação.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi proposta a avaliação da probabilidade de ofuscamento de um edifício comercial sobre o entorno. O estudo de caso considerou questões climáticas e urbanas para a cidade de Florianópolis, Santa Catarina. Foram avaliados vidros refletivos com variação de reflexões luminosas externas no edifício envidraçado e vidros com diferentes transmissões luminosas na sala comercial, a fim de compreender a relação dos parâmetros com o ofuscamento.

Para obter resultados satisfatórios foram realizadas 864 simulações baseadas em imagens durante um ano. As simulações demonstraram que o ofuscamento influenciado pelo edifício envidraçado acontece com vidros acima de 24% de reflexão externa, para os vidros com 70% de transmissão luminosa na sala comercial. Ainda assim, nenhum DGP foi suficientemente alto para perturbar um indivíduo, sendo apenas perceptível.

Conforme disposto na Tabela 7 no item 4.3., o ofuscamento é recorrente de outubro a maio, e também em agosto. Os meses de junho, julho e setembro são os menos propensos ao ofuscamento. Para todas as verificações, o horário de pico de DGP ocorreu às 15h e, neste horário, o mês de fevereiro registrou os valores mais elevados.

Os vidros com reflexão luminosa externa de 32% alcançaram índices mais elevados em comparação aos demais. Já os vidros com 24% de reflexão tiveram mais influência nos meses de novembro a março. As demais reflexões luminosas não causaram ofuscamento para a condição do estudo de caso. Constatou-se que o DGP caiu proporcionalmente quando houve redução da reflexão luminosa externa ou da transmissão luminosa, conforme o esperado. Entretanto, não é possível estabelecer um limiar, pois os resultados obtidos condizem com uma situação específica.

Após a constatação de ofuscamento influenciado pelo edifício envidraçado, medidas mitigadoras foram propostas e avaliadas. A alteração de aspectos morfológicos e a utilização de elementos de proteção solar configuraram-se como as opções mais efetivas para diminuir a probabilidade

de ofuscamento. No tocante aos elementos de proteção solar, excetuam-se as persianas externas, uma vez que sua avaliação pode ter sido comprometida pela falta de informações fornecidas pelo fabricante. Para tanto, sugere-se a medição laboratorial de uma amostra e então, a simulação para validação.

Assim, o presente trabalho evidenciou o ofuscamento associado as fachadas refletivas, fato que pode causar o desconforto visual aos usuários de prédios vizinhos. Com o intuito de amenizar esse problema foram propostas intervenções na fachada. Após a simulação no *software Radiance*, os resultados comprovaram a redução do índice DGP com modificações na arquitetura. Portanto, é notável a importância de um estudo de impacto sobre o entorno na fase projeto de arquitetônico, para que se possa propor medidas preventivas ao ofuscamento, tais como a utilização de brises e a descontinuidade de fachada.

REFERÊNCIAS

- ANDREW MARSH. **Dynamic Overshadowing**. Versão 0.0.8. Disponível em: <http://andrewmarsh.com/software/>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT IEC/TS 62504**: Termos e definições para LEDs e os módulos de LED de iluminação geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-1**: Desempenho térmico de edificações parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5461:1991**: Iluminação. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16023:2020**: Vidros revestidos para controle solar – Requisitos, classificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ABDELWAHAB, S; ELHUSSAINY, M; LABIB, R. The negative impact of solar reflections caused by reflective buildings' facades: case study of the Nascher Museum in Texas. **Earth and Environmental Science**, [s.l.], v. 297, p. 1 – 10, 02 set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/297/1/012048>. Acesso em: 23 set. 2019.
- ABOULNAGA, M. M. Towards green buildings: glass as a building element – the use and misuse in the gulf region. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 31, p. 631 – 653, 14 nov. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/223656992_Towards_green_buildings_Glass_as_a_building_element_-_The_use_and_misuse_in_the_gulf_region. Acesso em: 24 jun. 2019.
- ANDREIS, C.; BESEN, P; WESTPHAL, F. S. Desempenho energético de fachadas em climas brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV, 2014, Maceió. **Anais [...]**. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_628.pdf. Acesso em: 27 set. 2019.
- CORRÊA, A. C. D.; KRONENBERGER, B. C.; SABOYA, R. T. A produção do espaço urbano e o processo de verticalização: o caso de Florianópolis. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, IV, 2016, Porto Alegre. **Anais [...]**. Disponível em: <https://enanparq2016.files.wordpress.com/2016/09/s46-03-correa-a-kronenberger-b-saboya-r.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.
- CURITIBA, Curitiba poderá combater acidentes de aves com vidros. **Câmara municipal**, Curitiba, 2017. Disponível em: https://www.cmc.pr.gov.br/ass_det.php?not=27809#&panel1-1. Acesso em: 11 jan. 2020.
- DIAS, A. F. Um centro histórico e sua cidade. In: DIAS, A. F. **A reutilização do patrimônio edificado como mecanismo de proteção: uma proposta para conjuntos tombados de Florianópolis**. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. p. 66-80.
- DENISON, Edward. **Arquitetura: 50 conceitos e estilos fundamentais explicados de forma clara e rápida**. 1. ed. São Paulo: Publifolha, 2014.
- FLORIANÓPOLIS, **Lei complementar n° 482, de 17 de janeiro de 2014**. Institui o plano diretor de urbanismo de Florianópolis. Florianópolis: Câmara municipal [2014]. Disponível em: <http://planodiretorflorianopolis.webflow.io/>. Acesso em: 08 jul. 2019.
- GOMEZ, J. M. R.; CARLESSO, F.; VIEIRA, L. E.; Da SILVA, L. A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 40, p. 1-12, fev. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0342>. Acesso em: 06 fev. 2020.
- HAI, Teo Orh. **[Correspondência]**. Destinatário: Commissioner of Building Control. Cingapura, 06 fev. 2015. 1 mensagem eletrônica. Disponível em: https://www.redas.com/assets/files/information/government_announcements/2015/Industry%20Consultation%20on%20Daylight%20Reflectance.pdf. Acesso em: 06 jul. 2019.
- HAN, Y; TAYLOR, J. E.; PISELLO, A. L. Toward mitigating urban heat island effects: Investigating the thermal-energy impact of bio-inspired retro-reflective building envelopes in dense urban settings. **Energy and Buildings**, [s.l.], v. 102, p. 380 – 389, set. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815300153?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- IBGE. **Panorama**. Florianópolis, 2018. Território e ambiente. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>. Acesso em: 07 jul. 2019.
- INMET. **Normal Climatológica 1981 – 2010**. Normais climatológicas do Brasil – Florianópolis. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 08 jul. 2019.
- INMETRO. **Anexo da portaria INMETRO n° 50/2013, de 08 de junho de 2015**. Anexo geral V – catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/anexos_rac/AnexoV.pdf. Acesso em: 10 jun. 2019.
- INPE, CCST, LABREN. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2017. 1 atlas, n.2, p. 40. Disponível em: <http://absolar.org.br/atlas-brasileiro-de-energia-solar-2a-edicao.html>. Acesso em: 10 jun. 2019.
- KURKJIAN, C. R.; PRINDLE, W. R. Perspective on the history of glass composition. **Journal of the American Ceramic Society**, [s.l.], v. 81, p. 795-813, 20 jan. 2005. Disponível em: <https://ceramics.onlinelibrarywiley-com.ez46.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1111/j.1151-2916.1998.tb02415.x>. Acesso em: 2 set. 2019.
- LADYBUG TOOLS LCC. **Honeybee**. Versão 0.0.64. Disponível em: <https://www.ladybug.tools/honeybee.html>.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras / Procel, 2014. 366 p.
- MARTINS, L. O.; CABÚS, R. C. Efeito de Entorno Urbano Especular na Iluminação Natural de Ambientes. In: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, regional, Integrado e Sustentável, 7, 2016, Maceió. **Proceedings [...]** Pluris. Disponível em: <http://www.fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%201%20-%20Ambiente%20e%20Energia/Paper1481.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- MAYS, Jeffery. De Blasio's 'ban' on glass and steel skyscrapers isn't a ban at all. **NYTimes**, Nova Iorque, 25 abr. 2019. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2019/04/25/nyregion/glass-skyscraper-ban-nyc.html?searchResultPosition=1>

REFERÊNCIAS

- . Acesso em: 06 jul. 2019.
- McNEAL & ASSOCIATES. **Grasshopper**. Versão 1.0.0007. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/>
- McNEAL & ASSOCIATES. . Versão 6.22.20028.13281. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/>
- McQUIRE, S. From glass architecture to big brother: scenes from a cultural history of transparency. **Cultural Studies Review**, Sydney, v. 9, p. 103-123, maio 2003. Disponível em: <https://epress.lib.uts.edu.au/journals/index.php/csrj/article/view/3587>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- MEAD, David. **'Trans' Materials – Modeling and Specifying a Next Generation**. Freiburg, 2010. Disponível em: <https://radiance-online.org//community/workshops/2010-freiburg/PDF/DavidMead.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2020.
- MENEZES, Milton Serpa **Refrigeração e ar condicionado**. Passo Fundo, ago. 2005. Disponível em: <https://docsity.com/pt/apostila-refrigeracao-e-ar-condicionado-3/4815970/>. Acesso em: 31 jan. 2020.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. **Light Research and Technology**, [s.l.], v. 35, p. 41 – 57, mar. 2005. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1191/1365782805li128oa>. Acesso em: 06 fev. 2020.
- NORDSTROM, P. Glass Architecture as a Site for Encountering the Surface Aesthetics of Urban Photograph. **Space and Culture**, [s.l.], v. 20, p. 271-286, 11 maio 2017. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1206331217707475>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- PMF. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico**. Florianópolis, p. 09. Disponível em: http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/19_07_2010_17.32.06.d8b34934130a180a109f15ce1ad52eb1.pdf. Acesso em: 08 jul. 2019.
- RADSITE. **Radiance**. Versão 5.1. Disponível em: <https://radiance-online.org/>.
- RIO DE JANEIRO, **Projeto de Lei nº 132, de fevereiro de 2019**. Dispõe sobre a utilização de vidros nas faces externas das edificações de modo a não causar danos à avifauna. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa [2019]. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1923.nsf/18c1dd68f96be3e7832566ec0018d833/dfc72595ec6087f1832583a5006fab70?OpenDocument>. Acesso em: 11 jan. 2020
- SANTOS, **Lei complementar nº988, de 04 de dezembro de 2017**. Acrescenta o artigo 35-B à lei complementar nº 84, de 14 de julho de 1993 - que instituiu o código de edificações do município de santos e adota providências correlatas. Santos: Câmara Municipal [2017]. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/santos/lei-complementar/2017/99/988/lei-complementar-n-988-2017-acrescenta-o-artigo-35-b-a-lei-complementar-n-84-de-14-de-julho-de-1993-que-institui-o-codigo-de-edificacoes-no-municipio-de-santos-e-adota-providencias-correlatas>. Acesso em: 29 jun. 2019.
- SANTOS sanciona lei que proíbe utilização de vidros reflexivos em novas construções. **A Tribuna**, Santos, v.20713, n. 1.38921, 01 dez. 2017. Disponível em: <https://www.tribuna.com.br/2.713/santos-sanciona-lei-que-pro%C3%ADbe-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-vidros-reflexivos-em-novas-constru%C3%A7%C3%B5es-1.38921>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- SHIH, N. J.; HUANG, Y. S. An analysis and simulation of curtain wall reflection glare. **Building and Environment**, [s.l.], v. 36, p. 619-626, jun. 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(00\)00034-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(00)00034-2). Acesso em: 08 jun. 2019.
- SUK, J. Y.; SCHILER, M.; KENSEK K. Reflectivity and specularity of building envelopes: how materiality in architecture affects human visual comfort. **Architecture Science Review**, Londres, v. 60, p. 256-265, 06 jun. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080/00038628.2017.1336981>. Acesso em: 19 maio 2019.
- TAN, M. BCA Building rules to include facade reflectivity requirements. **ST Jobs**, Cingapura, n. 140718, 27 out. 2013. Disponível em: <https://www.stjobs.sg/articles/140718>. Acesso em: 06 jul. 2019.
- WESTPHAL, F. **Manual técnico do vidro plano para edificações**. 1. ed. São Paulo: Abividro, 2016. 183 p.
- WIENOLD, J. Dynamic daylight glare evaluation. In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 11, 2009, Glasgow. **Proceedings [...]**. Glasgow: IBPSA, 2009. p. 944-951, jul. 2009. Disponível em: https://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_0944_951.pdf. Acesso em: 09 out. 2019
- WIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. **Energy and Buildings**, [s.l.], v. 38, p. 743 – 757, jul. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806000715?via%3Dihub>. Acesso em: 04 set. 2019.
- YANG Xiaomin; GROBE, Lars; STEPHEN, Wittkopf. Simulation of reflected daylight from building envelopes. In: CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION, 13., 2013, Chambéry. **Proceedings [...]**. Chambéry: International Building Performance Simulation Association. Disponível em: http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2013/p_1232.pdf. Acesso em: 19 mar. 2019.
- ZHU, J.; JAHN, W.; REIN, G. Computer simulation of sunlight concentration due to façade shape: application to the 2013 death ray at Fenchurch Street. **Journal of Building Performance Simulation**, Londres, v. 12, p. 378-387, 22 nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19401493.2018.1538389>. Acesso em: 07 abr. 2019.