

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Dissertação de Mestrado

**A INFLUÊNCIA DOS PROTETORES SOLARES NO COMPORTAMENTO DA LUZ
NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS**

Viviane de Sousa **Cruz e Silva**

BRASÍLIA, DF

2011

**A INFLUÊNCIA DOS PROTETORES SOLARES NO COMPORTAMENTO DA LUZ
NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS**

Viviane de Sousa Cruz e Silva

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Área de
Concentração: Tecnologia, da Universidade de
Brasília (UnB), como requisito parcial para
obtenção do grau de:

Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Orientadora: Prof^ª. Dra. Cláudia Naves David Amorim

BRASÍLIA, DF

2011

A INFLUÊNCIA DOS PROTETORES SOLARES NO COMPORTAMENTO DA LUZ NATURAL EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Viviane de Sousa **Cruz e Silva**

Esta dissertação foi julgada e aprovada perante banca examinadora de Trabalho Final, outorgando ao aluno o título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Área de Concentração: Tecnologia, do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de Brasília - UnB

Banca Examinadora

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cláudia Naves David Amorim - UnB

Membro: Prof. Dr. Evangelos Dimitrios Chistakou - UnB

Membro: Prof. Dr. José Manoel Morales Sanchez - UnB

BRASÍLIA
2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a **Deus**, pois sem a Sua constante presença em minha vida não teria conseguido superar as inúmeras barreiras encontradas até a conclusão desta pesquisa.

A professora **Claudia**, por ter me acolhido como orientanda, dando uma contribuição inestimável, principalmente na reta final do trabalho.

Aos membros da banca avaliadora, por aceitar o convite para participar.

A minha irmã, **Vanessa**, que dedicou parte integral de seu tempo para apoiar e ajudar nos momentos mais difíceis dessa dissertação.

Aos meus pais, **Luiz e Celita**, por terem me mostrado, com muita dedicação, luta e restrições pessoais, o valor de cada etapa de minha formação profissional.

Ao meu marido, **Paulo Cesar**, que compreendeu minha dedicação a pesquisa, mesmo quando esta me tomava tempo integral.

A minha cunhada, **Priscila**, que me deu força para eu me ingressar no mestrado e correr atrás de meus sonhos.

A amiga, **Laura**, que conheci ao ingressar no mestrado, que mesmo de longe conseguia me ajudar, dividindo conhecimentos, angústias e dificuldades.

Ao meu eterno mestre e companheiro de trabalho, **Marcelo Granato**, a quem me espelho profissionalmente, sendo muito grata aos ensinamentos iniciais de minha profissão e ao apoio para a finalização deste trabalho.

Aos demais, que perto ou longe, contribuíram para a elaboração desta pesquisa.

RESUMO

CRUZ E SILVA, Viviane de Sousa. **A Influência dos Protetores Solares no Comportamento da Luz Natural em Edifícios de Escritórios**. 2011. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós Graduação e Pesquisa da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UNB, Brasília.

Este trabalho surgiu na intenção de analisar o impacto dos dispositivos de proteção solar nas edificações de escritório. Estudos na área do comportamento da iluminação com o uso de dispositivos de proteção solar são importantes para contribuir com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), pois este não aborda o uso da luz natural na avaliação prescritiva e nem metodologias de bonificação para o comportamento da luz natural com o uso desses dispositivos.

Para que o estudo proposto pudesse obter resultados mais completos, adotou-se uma simulação computacional para prever a autonomia da luz natural, com um índice de iluminância recomendado, durante um ano de referência, através do uso de métrica dinâmica do Daylight Autonomy (DA). O Daysim, software escolhido, foi desenvolvido pelo National Research Council Canadá, permitiu o cálculo da iluminância interna no período de um ano, minimizando o tempo de simulação, além de permitir o cálculo da Daylight Autonomy (DA) para cada ponto de referência.

Foram desenvolvidos modelos de salas de escritório padrão, para avaliar o comportamento da luz natural, com o uso de dispositivos de proteção solar. Para isso foi necessário um procedimento de análise das características predominantes de edifícios de escritório existentes nas oito zonas bioclimáticas brasileiras, com dados de pesquisas, realizadas anteriormente e que levantaram as tipologias predominantes de edificações não residenciais. Além destas pesquisas, foi necessário o dimensionamento dos protetores para cada uma das zonas em estudo e para cada orientação, sendo utilizado o estudo de Souza et al. (2009).

Esses diferentes modelos de protetores solares para as três zonas bioclimáticas em estudo, para o padrão de sala de escritório determinado, tornaram possível a avaliação do comportamento da luz natural em relação ao uso dos dispositivos de proteção solar sobre vários aspectos.

Palavras-chave: Arquitetura, Eficiência Energética, Brises Soleil, Iluminação Natural, Edifícios comerciais.

ABSTRACT

CRUZ E SILVA, Viviane de Sousa. **The Influence of Sunlight Control Device on the Use of the Daylight in Commercial Buildings**. 2011. Dissertation (Masters in Architecture & Urbanism Studies) – Post-Graduation & Research Program of the Architecture & Urbanism College, UNB, Brasilia.

This work was created with the intention of analyzing the impact of the sunlight control devices in non-residential buildings. Studies in the influence of solar protection daylight behavior are important to add to the Technical Regulation of the Quality Level of Energy Efficiency of Commercial Buildings, and Public Services (RTQ-C), because neither the use of daylight on the prescriptive assessment nor methodology of bonus to the use of the daylight with the use of those devices are covered by the Technical Regulation.

In order to obtain more complete results to the proposed study a computer simulation was adopted to predict the Daylight Autonomy, with an index of recommended luminance, during a reference year of by the use of dynamic metric Daylight Autonomy (DA). The Daysim, chosen software which was developed by the National Research Council of Canada and enabled the calculation of internal illuminance during one year, it reduces the simulation time and allows the calculation of Daylight Autonomy (DA) for each reference point.

Standard office room models were developed to evaluate the use of daylight, with the use of sunlight control devices. This required an analysis procedure of the predominant features of existing non-residential buildings in eight bioclimatic zones in Brazil with data from research done previously that pointed the predominant types of commercial buildings. In addition to these researches it was necessary to design different devices for each of the areas under study and for each orientation using the study of Souza et al (2009).

These different types of sunlight control devices for three bioclimatic zones under study, for standard office room determined, made possible performance assessment of the daylight in relation to the use of sunlight control device on various aspects.

Keywords: Architecture, Energy Efficiency, *Brise Soleil*, dayLighting, Commercial Buildings.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1. COLOCAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.1. CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA DA LUZ NATURAL E DOS PROTETORES SOLARES	2
2. JUSTIFICATIVA	5
3. OBJETIVOS	10
3.1. OBJETIVO GERAL	10
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. ESTRURA DO TRABALHO	11
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2. INTRODUÇÃO	13
2.1. ILUMINAÇÃO NATURAL	13
2.1.1. VANTAGENS DA ILUMINAÇÃO NATURAL	13
2.1.2. GRANDEZAS DE ILUMINAÇÃO	15
2.1.3. NORMAS DE ILUMINAÇÃO	16
2.1.4. FONTES DE LUZ NATURAL	17
2.1.5. ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES INTERNOS ATRAVÉS DE ABERTURAS	19
2.1.6. REFLEXÕES INTERNAS E EXTERNAS	22
2.2. PROTETORES SOLARES	23
2.2.1. MÉTODO PARA DIMENSIONAMENTO DE PROTETORES SOLARES	27
2.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA ILUMINAÇÃO NATURAL	32
2.3.1. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL ATRAVÉS DO PROGRAMA DAYSIM	32
2.4. EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO	37
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	39
3. INTRODUÇÃO	40
3.1. PRIMEIRA ETAPA	42
3.1.1. VARIÁVEIS DA SIMULAÇÃO	42
3.1.2. LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS PREDOMINANTES DE ESCRITÓRIOS	43
3.1.3. DIMENSIONAMENTO DOS PROTETORES SOLARES	46
3.2. SEGUNDA ETAPA	54
3.2.1. SIMULAÇÃO DOS MODELOS	54
3.3. TERCEIRA ETAPA	56
3.3.1. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	56
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4. INTRODUÇÃO	59
4.1. ANÁLISE MODELO 01 – PROTETOR VERTICAL – BRASÍLIA	59
4.2. ANÁLISE MODELO 02 – PROTETOR HORIZONTAL – BRASÍLIA	60
4.3. ANÁLISE MODELO 03 – PROTETOR HORIZONTAL – BRASÍLIA	60
4.4. ANÁLISE MODELO 04 – PROTETOR HORIZONTAL – FLORIANÓPOLIS	61
4.5. ANÁLISE MODELO 05 – PROTETOR HORIZONTAL – FLORIANÓPOLIS	61
4.6. ANÁLISE MODELO 06 – PROTETOR HORIZONTAL – FLORIANÓPOLIS	62
4.7. ANÁLISE MODELO 07 – PROTETOR HORIZONTAL – MACEIÓ	63
4.8. ANÁLISE MODELO 08 – PROTETOR VERTICAL – MACEIÓ	63
4.9. ANÁLISE MODELO 09 – PROTETOR HORIZONTAL – MACEIÓ	64
4.10. ANÁLISE MODELO 10 – PROTETOR HORIZONTAL – MACEIÓ	65
4.11. COM RELAÇÃO À ORIENTAÇÃO	65
4.12. COM RELAÇÃO AO TIPO DE PROTETOR	66

4.13. COM RELAÇÃO AO PERCENTUAL DE ÁREA DE ABERTURA	66
4.14. COM RELAÇÃO À GEOMETRIA DOS PROTETORES	67
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
5. LIMITAÇÕES E SUGESTÕES	73
ANEXOS	74
BIBLIOGRAFIA	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores determinantes da iluminação adequada	15
Tabela 2: Iluminância por classes de tarefas visuais	15
Tabela 3: Comparação do percentual de redução de ganho solar entre diferentes sistemas de proteção solar	24
Tabela 4: Graus da temperatura neutra	27
Tabela 5: Ângulos de sombreamento necessário para a cidade de Brasília	30
Tabela 6: Dados de entrada para modelos com proteção solar	35
Tabela 7: Dados de entrada para modelos sem proteção solar	35
Tabela 8: Ângulos mínimos recomendados para protetores solares em Brasília	45
Tabela 9: Ângulos mínimos recomendados para protetores solares em Florianópolis	46
Tabela 10: Ângulos mínimos recomendados para protetores solares em Maceó	46
Tabela 11: Modelos a serem simulados para a cidade de Brasília	47
Tabela 12: Modelos a serem simulados para a cidade de Florianópolis	49
Tabela 13: Modelos a serem simulados para a cidade de Maceió	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Luz proveniente do Sol. A) Componente Celeste. B) Componente de Reflexão Externa. C) Componente de Reflexão Interna	16
Figura 2: Incidência de luz natural em dois tipos de aberturas de uma edificação. A) Abertura sem protetor solar. B) Abertura com protetores solares	23
Figura 3: Modelos de Protetores Horizontais	24
Figura 4: Modelos de Protetores Verticais	25
Figura 5: Modelos de Protetores Solares a serem analisados. A) Com um protetor (C1PT). B) Com dois protetores (C2PT). C) Com Protetores Filetados (CPTF)	25
Figura 6: Carta Solar da cidade de Brasília, com a interpolação da tabela de temperatura neutra, que evidencia períodos com temperatura acima dos índices de conforto.	28
Figura 7: Mascara de proteção necessária para cada orientação (norte, sul, leste, oeste).	29
Figura 8: Carta Solar para cada orientação (norte, sul, leste, oeste) com a sobreposição da radiação solar incidente para planos verticais	29
Figura 9: Mapa conceitual para mostrar o processo da simulação.	36
Figura 10: Mapa Conceitual do trabalho mostrando a Metodologia empregada para atingir os objetivos propostos	40
Figura 11: Cartas solares. A) Carta Solar da cidade de Brasília. B) Carta Solar da cidade de Florianópolis. C) Carta Solar da cidade de Maceió.	41
Figura 12: Frequência de medidas do item Área das Salas	42
Figura 13: Frequência de medidas do item Pé Direito das Salas	43
Figura 14: Frequência de especificações do item Tipo de Vidro	44
Figura 15: Diferentes cortes mostrando a altura do peitoril de acordo com a Porcentagem de Abertura na fachada	44
Figura 16: Perspectiva do Percentual de Área de Abertura na Fachada. A) Fachada PAF 25%. B) Fachada PAF 50%. C) Fachada PAF 75%	45
Figura 17: Modelos com protetores a serem simulados para Brasília. C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetores solares filetados. N:norte; S: sul; L:leste; O:oeste.	48
Figura 18: Modelos com protetores a serem simulados para Florianópolis. C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetores solares filetados. N:norte; S: sul; L:leste; O:oeste.	50
Figura 19: Modelos com protetores a serem simulados para Maceió. C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetores solares filetados. N:norte; S: sul; L:leste; O:oeste.	52
Figura 20: Modelo de Malha de Pontos para PAF 25%	53
Figura 21: Modelo de Malha de Pontos para PAF 50% e 75%	54

Figura 22:	Escala de cores e exemplos de isoDA	55
Figura 23:	Relação da área de isoDA comparado a área do ambiente	56
Figura 24:	Modelo de gráfico comparativo da área versus DA para ambientes com e sem protetores solares.	56
Figura 25:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 50%, Norte.	71
Figura 26:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 50%, Norte.	71
Figura 27:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 50%, Norte.	71
Figura 28:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 50%, Norte.	71
Figura 29:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 75%, Norte.	72
Figura 30:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 75%, Norte.	72
Figura 31:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 75%, Norte.	72
Figura 32:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 75%, Norte.	72
Figura 33:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 50%, Leste.	73
Figura 34:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 50%, Leste.	73
Figura 35:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 50%, Leste.	73
Figura 36:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 50%, Leste.	73
Figura 37:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 75%, Leste.	74
Figura 38:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 75%, Leste.	74
Figura 39:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 75%, Leste.	74
Figura 40:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 75%, Leste.	74
Figura 41:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 25%, Oeste.	75
Figura 42:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 25%, Oeste.	75
Figura 43:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 25%, Oeste.	75
Figura 44:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 25%, Oeste.	75

Figura 45:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 50%, Oeste.	76
Figura 45:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 50%, Oeste.	76
Figura 47:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 250%, Oeste.	76
Figura 48:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 50%, Oeste.	76
Figura 49:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Brasília, PAF 75%, Oeste.	77
Figura 50:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Brasília, PAF 75%, Oeste.	77
Figura 51:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Brasília, PAF 75%, Oeste.	77
Figura 52:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Brasília, PAF 75%, Oeste.	77
Figura 53:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 50%, Norte.	78
Figura 54:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 50%, Norte.	78
Figura 55:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 50%, Norte.	78
Figura 56:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 50%, Norte.	78
Figura 57:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 75%, Norte.	79
Figura 58:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 75%, Norte.	79
Figura 59:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 75%, Norte.	79
Figura 60:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 75%, Norte.	79
Figura 61:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 50%, Leste.	80
Figura 62:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 50%, Leste.	80
Figura 63:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 50%, Leste.	80
Figura 64:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 50%, Leste.	80
Figura 65:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 75%, Leste.	81
Figura 66:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 75%, Leste.	81
Figura 67:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 75%, Leste.	81

Figura 68:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 75%, Leste.	81
Figura 69:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 25%, Oeste.	82
Figura 70:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 25%, Oeste.	82
Figura 71:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 25%, Oeste.	82
Figura 72:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 25%, Oeste.	82
Figura 73:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 50%, Oeste.	83
Figura 74:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 50%, Oeste.	83
Figura 75:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 250%, Oeste.	83
Figura 76:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 50%, Oeste.	83
Figura 77:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Florianópolis, PAF 75%, Oeste.	84
Figura 78:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Florianópolis, PAF 75%, Oeste.	84
Figura 79:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Florianópolis, PAF 75%, Oeste.	84
Figura 80:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Florianópolis, PAF 75%, Oeste.	84
Figura 81:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 25%, Norte.	85
Figura 82:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 25%, Norte.	85
Figura 83:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 25%, Norte.	85
Figura 84:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 25%, Norte.	85
Figura 85:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 50%, Norte.	86
Figura 86:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 50%, Norte.	86
Figura 87:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 50%, Norte.	86
Figura 88:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 50%, Norte.	86
Figura 89:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 75%, Norte.	87
Figura 90:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 75%, Norte.	87
Figura 91:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 75%, Norte.	87

Figura 92:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 75%, Norte.	87
Figura 93:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceó, PAF 25%, Sul.	88
Figura 94:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceó, PAF 25%, Sul.	88
Figura 95:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceó, PAF 25%, Sul.	88
Figura 96:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceó, PAF 25%, Sul..	88
Figura 97:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceó, PAF 50%, Sul.	89
Figura 98:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceó, PAF 50%, Sul.	89
Figura 99:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceó, PAF 50%, Sul.	89
Figura 100:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceó, PAF 50%, Sul.	89
Figura 101:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 75%, Sul.	90
Figura 102:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 75%, Sul	90
Figura 103:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 75%, Sul	90
Figura 104:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 75%, Sul	90
Figura 105:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceó, PAF 50%, Leste.	91
Figura 106:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceó, PAF 50%, Leste.	91
Figura 107:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceó, PAF 50%, Leste..	91
Figura 108:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceó, PAF 50%, Leste.	91
Figura 109:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 75%, Leste.	92
Figura 110:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 75%, Leste.	92
Figura 111:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 75%, Leste.	92
Figura 112:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 75%, Leste.	92
Figura 113:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 25%, Oeste.	95
Figura 114:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 25%, Oeste.	95
Figura 115:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 25%, Oeste.	95

Figura 116:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 25%, Oeste.	95
Figura 117:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 50%, Oeste.	96
Figura 118:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 50%, Oeste.	96
Figura 119:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 250%, Oeste.	96
Figura 120:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 50%, Oeste.	96
Figura 121:	Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor Maceió, PAF 75%, Oeste.	97
Figura 122:	Modelo comparativo de curva isoDA com um protetor vertical Maceió, PAF 75%, Oeste.	98
Figura 123:	Modelo comparativo de curva isoDA com dois protetores verticais Maceió, PAF 75%, Oeste.	99
Figura 124:	Modelo comparativo de curva isoDA com protetor solar filetado verticais Maceió, PAF 75%, Oeste.	100

Capítulo 1

Introdução

INTRODUÇÃO

1. Colocação do Problema

A luz natural está disponível em grande parte do dia, promovendo benefícios psicológicos e fisiológicos ao ser humano. Pode proporcionar excelentes índices de iluminação e reprodução de cor, e, se bem utilizada, possibilita a redução do consumo de energia. Essas características associadas ao fato da luz natural ser gratuita demonstram a importância do seu uso nos ambientes substituindo, mesmo que em partes, da luz artificial. Projetos que utilizam a luz natural podem chegar a substituir o uso a iluminação artificial em 80% a 90% das horas do dia, economizando consideráveis quantidades de energia elétrica (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Baker; Steemers (2002) relatam que a orientação, posição, forma e tamanho das aberturas, têm forte influência na distribuição e nível de luz natural nos ambientes de escritório, pois podem ter diferentes resultados quanto ao aproveitamento da luz do dia e a obtenção de calor conforme a latitude. Desta forma, é necessário conhecer o tipo de abertura e sua influência na admissão e distribuição da luz natural no interior do ambiente pois, se mal projetada, através da radiação solar direta, pode causar ganho de calor, ofuscamento e excessivo contraste (FIUZA, 2008).

Connor et al. (1997), mencionam a importância da utilização dos dispositivos de proteção solar junto às aberturas, com as seguintes funções: protegem contra o calor, resguardam contra radiação solar direta no plano de trabalho e suavizam a luz dura e o contraste. Bogo (2007) admite que o uso da luz natural para ambientes internos deve ser feito de forma a evitar o excesso de calor, ofuscamento e degradação dos materiais devido à radiação solar direta, considerando de suma importância dispositivos para controlar essa radiação. O controle da luz natural, através desses dispositivos de proteção solar, objetiva receber a luz de forma indireta, filtrada ou refletida/redirecionada permitindo ao usuário o contato com o meio externo. Bogo (2007) ainda relata que os protetores solares modificam a trajetória da luz natural transmitida e sua quantidade, alterando a iluminação natural dentro do ambiente devido ao bloqueio parcial da luz natural

incidente à abertura e devido às diversas reflexões entre os elementos de proteção solar.

Maragno (2000) relata que os dispositivos de proteção apresentam limitações, como a diminuição dos índices de iluminância no ambiente, redução da visão direta e nítida do exterior, aportes térmicos durante os períodos frios, ou interferência na estética do edifício. Essas problemáticas devem ser avaliadas pelo projetista na busca de uma melhor solução.

A dificuldade da introdução de aproveitamento de iluminação natural em projetos de edificação se dá principalmente pela falta de procedimentos que auxiliem os projetistas a determinar a luz de forma simplificada e precisa (BOGO, 2007). Littlefair (2001) ressalta a escassez de estudos referentes à avaliação dos índices de iluminação natural e sua distribuição em aberturas laterais quando da utilização de dispositivos de proteção solar, além de estudos sobre a influência dos protetores solares no comportamento da iluminação natural em ambientes internos.

1.1. Contribuição Energética da Luz Natural e dos Protetores Solares:

Grandes foram as transformações que ocorreram no âmbito da construção no início do século XX; o uso de materiais locais e o respeito ao clima foram esquecidos e superadas pelas possibilidades de incorporação de novas tecnologias que despontaram (MARAGNO, 2000). Paredes, antes usadas para fins estruturais, deram lugar a aberturas avantajadas e a descoberta da estrutura metálica trouxe às fachadas dos edifícios a pele de vidro (MARAGNO, 2005).

A imprevista liberdade expressiva, tornada possível graças aos novos materiais (cimento armado, aço, vidro), pela potência e versatilidade das máquinas de obra e pelas instalações de aquecimento e condicionamento, desencadeou uma rajada de loucura projetual que atravessou e transformou uma disciplina, a arquitetura, de síntese entre o útil e o belo em uma expressão unicamente estética. (BUTERA, 2009, p. 174).

Essa nova tipologia trouxe problemas no âmbito da iluminação e insolação, tais como: ofuscamento¹, contraste² e aumento da carga térmica interna dos edifícios. O uso da pele de vidro ganhou força e foi introduzido em todo o mundo sem qualquer preocupação com as diferenças climáticas.

¹ O ofuscamento fisiológico é o impedimento da visão

² O contraste

Segundo Neves; Caram (2003), o emprego de modelos de edificações provenientes de outros países, como as caixas de vidro, utilizadas indiscriminadamente pelo seu valor estético, são impróprias ao clima brasileiro. Os edifícios no Brasil consomem, em geral, cerca de 48% de energia elétrica apenas para geração de conforto ambiental ao usuário (LAMBERTS, 2006).

O consumo de energia elétrica nas edificações, que compreende o setor residencial, apresentou um crescimento de 5,2%, principalmente pelo aumento da renda familiar e ao crescente número de domicílios que foram atendidos pela rede elétrica. O reflexo do aumento do poder de compra das famílias, fez com que o setor comercial e público alcançasse 6,8% de crescimento em 2008. Desta forma, os setores residencial, comercial e público representam 45% do consumo total de energia elétrica, segundo o Balanço Energético Nacional³ (BEN) (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2009).

Quanto à eficiência energética em edificações⁴, Didoné (2009) estima que 42% da energia elétrica produzida no país sejam consumidas na construção, operação, manutenção e reciclagem das edificações. Desta forma, é de extrema importância adaptar o espaço construído para que possam tirar proveito dos recursos naturais locais, principalmente nos aspectos térmicos e de iluminação (FIUZA, 2008).

Visto que a luz natural está disponível em todo o período de funcionamento de edificações comerciais e ainda podendo garantir uma iluminação adequada às atividades humanas, o seu uso pode reduzir os ganhos de cargas térmicas advindo da iluminação artificial e consumo total de energia (BAKER; STEEMERS, 2002).

Brandão (apud Didoné (2009) relata a importância do partido arquitetônico nos resultados positivos do uso de sistemas passivos de iluminação e condicionamento de ar, como tecnologias pioneiras, podendo trazer consideravelmente uma eficiência no consumo final de energia. Para Didoné (2009)

³ O Balanço Energético Nacional – BEN é o mais tradicional documento do setor energético brasileiro. Ele divulga, através de extensa pesquisa, toda a contabilidade relativa à oferta e ao consumo de energia no Brasil, contemplando atividades e operações ligadas à exploração e produção de recursos energéticos primários, à conversão em formas secundárias, às contas de importação e exportação, à distribuição e ao uso final da energia.

⁴ A eficiência energética em edificações está relacionada com a geração de serviço com baixo dispêndio de energia, pois um edifício é mais eficiente energeticamente que o outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo energético (LAMBERTS et al., 2003).

a preocupação com o consumo de energia e com o meio ambiente deve existir logo na primeira fase do projeto arquitetônico da edificação, o que não é comum no Brasil.

Mas o aproveitamento da luz natural através das aberturas requer atenção quanto aos ganhos térmicos com a radiação solar direta, de forma a admiti-la em quantidades adequadas e com uma boa distribuição. Desta forma, o uso dos protetores solares deve ser considerado de forma a garantir uma boa distribuição da luz natural no ambiente interno, além de diminuir a entrada da radiação solar direta.

A ausência da proteção solar externa nas aberturas dos ambientes permite a entrada da radiação solar direta e obriga o uso de protetores internos, como as cortinas e persianas, que tiram do ambiente a iluminação natural e induzem à utilização da iluminação artificial acarretando um aumento no consumo de energia elétrica. Supõe-se que tais problemas poderiam ser solucionados através de modificações na envoltória e suas aberturas, potencializando o uso da iluminação natural e diminuindo o consumo com energia elétrica (DIDONÉ 2009, p.28).

Várias são as estratégias utilizadas para proteção solar: materiais transparentes com características especiais (vidros ou películas protetoras), dispositivos externos de proteção (como, por exemplo, protetores horizontal, vertical ou misto).

Viana e Gonçalves (2001) relatam que em países de clima quente, principalmente em edifícios de uso público, a preocupação com o superaquecimento devido a ganhos de radiação solar direta tem levado ao uso de proteções solares superdimensionadas. Isso ocasiona um bloqueio do acesso da quantidade mínima de luz natural requisitada para o cumprimento das tarefas, implicando o uso permanente dos sistemas artificiais de iluminação e, conseqüentemente aquecimento e gastos de energia desnecessária.

Diante desta problemática, este estudo pretende verificar a influência dos protetores solares no comportamento da luz natural no interior de edifícios de escritório em diferentes latitudes e orientações, através da simulação computacional de métricas dinâmicas com o *software Daysim*.

2. Justificativa

Somente em 2001, após um racionamento de energia, ocorrido no Brasil, o Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001, estabeleceu que deveriam ser criados níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas, regulamentando a primeira lei referente a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia no Brasil, Lei nº 10295 de 17 de outubro de 2001.

Em 2009, foi lançado o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos⁵ (RTQ-C) para avaliar os edifícios no âmbito da envoltória, sistemas de iluminação e sistemas de ar condicionado. A escolha do setor comercial como ponto de partida para a criação do regulamento se deu pelo fato de 42% da energia elétrica consumida no Brasil ter 11% de sua utilização no setor comercial e 8% no setor público (LAMBERTS, 2006), havendo grande potencial de economia. Atualmente, após a capacitação, algumas universidades como PUC-PR, UFLA, UFF, UfPel, UFRGS, UFMG, UnB, UFMS, UFBA, UFSC e UFRJ, possuem laboratórios com consultores para a aplicação da metodologia do Regulamento Técnico de Qualidade (RTQ).

Em setembro de 2010, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais⁶ (RTQ-R) foi lançado pela Secretaria do Grupo Técnico de Edificações (GT Edificações), pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e Inmetro. Para essa regulamentação, além de todos os quesitos de eficiência existente no RTQ-C, foram abordadas, também, metodologias de bonificação referente à iluminação natural e o uso dos protetores solares,

⁵ Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, que foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE da Universidade Federal de Santa Catarina, pela Secretaria Técnica do PROCEL-Edifica (envolvendo outros órgãos como: CREA, IAB, Caixa Econômica Federal, Ministério de Minas e Energia e outros) tem o intuito de especificar os requisitos técnicos e os métodos para a classificação desses edifícios quanto à eficiência energética, a fim de auxiliar na redução do consumo de energia, exigindo uma eficiência mínima através de avaliações prescritiva ou simulações do consumo de energia elétrica de edificações.

⁶ Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais tem o intuito de criar condições de etiquetagem do nível de eficiência energética para edificações residenciais unifamiliares, de unidades autônomas de edificações multifamiliares, de edificações residenciais multifamiliares, de áreas de uso comum de edificações multifamiliares e/ou de condomínios residenciais.

demonstrando a necessidade de estudos nessa área também para o RTQ-C. Carlo (2008) e Pereira (2009) afirmam que a questão da iluminação natural e seu impacto na redução do consumo de energia foram pouco abordados no RTQ-C, sugerindo a importância de trabalhos futuros na área da iluminação natural.

Carlo (2008), em sua tese, relata que a envoltória da edificação, associada com a carga térmica interna gerada pela ocupação, pelo uso de equipamentos e pela iluminação artificial, resultam em um consumo maior de condicionamento de ar para conforto dos ocupantes. Afirma, também, que o aumento no consumo de energia proveniente do resfriamento de ar é gerado em grande parte por aberturas voltadas para oeste, sendo que aberturas voltadas para leste e norte teriam uma influência consideravelmente um pouco menor, mas de igual importância e as voltadas para sul teriam a menor influência entre as demais.

Além das questões energéticas, a presença de aberturas no ambiente construído pode proporcionar melhoria no funcionamento do organismo humano, relaxamento, alívio de stress e ainda, informações climáticas e noções sobre a hora do dia.

A luz natural excede a quantidade de luz requerida pelas tarefas, podendo trazer benefícios com relação ao consumo de energia. Cabe lembrar que parte significativa dos edifícios são utilizados durante o dia, especialmente em relação ao trabalho e a educação (BAKER & STEEMERS 2002), viabilizando o uso da iluminação natural nestas edificações, de forma a dar maior conforto visual e principalmente minimizar o consumo de energia.

O uso da iluminação natural nos edifícios nada mais é que o controle da penetração adequada da luz do sol no ambiente construído e deve ser utilizado para reduzir a iluminação artificial, respeitando os ocupantes, a quantidade e qualidade dos índices de iluminância (CONNOR et al., 1997). A iluminação natural não pode ser vista somente como quantidade de luz que entra através da abertura, mas também como uma preocupação com a qualidade de distribuição desta luz no ambiente e, principalmente, no plano de trabalho (BAKER & STEEMERS 2002).

Entretanto, quanto maior a exposição das aberturas à luz do sol, maior a porcentagem de iluminação natural no interior do ambiente, sendo importante que também haja uma preocupação com a radiação solar direta, pois esta proporciona ganhos de carga térmica, ou seja, quanto maior o pano de vidro na fachada maior será a carga térmica no interior do ambiente (CONNOR et al., 1997).

Como as outras fontes de luz, a intensidade da iluminação natural também precisa ser controlada. Assim, todas as aberturas do projeto devem ser cuidadosamente planejadas para otimizar o uso desta iluminação e evitar o ofuscamento, além de eliminar o máximo possível do uso de iluminação artificial durante o dia. Os sistemas de iluminação natural modificam o comportamento ambiental, permitindo ou impedindo não só a entrada de luz, como também interferindo nas trocas de ar, calor e som no ambiente. O controle destes fenômenos pode contribuir para obter tanto o conforto ambiental com também evitar gastos de energia. (FIÚZA, 2008, p.02).

A luz solar direta deve ser controlada e o uso de mecanismos de difusão e redirecionamento passa a ser de suma importância para que sejam evitados ganhos de carga térmica, problemas de ofuscamento e contraste no ambiente de trabalho. Assim, a configuração, o dimensionamento e a orientação das aberturas e dos dispositivos de controle solar têm significativa importância na distribuição e nos níveis de iluminação naturais em um ambiente (DIAS et al., 2009).

Para Hopinkson et al. (apud MARAGNO 2005) são três os principais incômodos causados pela radiação solar direta: efeitos visuais como ofuscamento; efeitos térmicos que provocam desconforto direto ou indireto sobre o corpo; e aumento da carga térmica interna.

O uso de dispositivos de proteção solar pode ser um grande aliado ao controle da qualidade de luz no interior do ambiente e, ainda, diminuir a carga térmica interna, advinda da radiação solar direta.

O brise-soleil constituiu-se em excelente solução para viabilizar o uso dos abundantes panos de vidro contínuos e transparentes na resolução das fachadas, por permitir a iluminação natural, a integração visual do interior com o exterior e evitar a incidência direta dos raios solares e os ganhos térmicos por ela ocasionados. Os dispositivos externos de proteção têm a capacidade de interceptar os raios solares antes que atinjam as superfícies envidraçadas e dentre eles o brise-soleil destaca-se com o mais elevado percentual de redução de ganho solar entre os sistemas de proteção em uso, variando de 75 a 90% quando aplicado sobre vidro simples transparente de 5mm. (MARAGNO, 2000, p. 03).

Dias et al. (2009) afirmam que o uso indiscriminado dos dispositivos de proteção solar sem um estudo com relação às suas contribuições para o ambiente, tais como orientação, materiais e refletividade, dimensionamento adequado devido a orientação da abertura, entre outros, pode trazer resultados negativos ao ambiente. Relatam, ainda, que fazer uma estimativa de luz natural em ambientes cuja abertura não tenha dispositivos de proteção solar é mais simples, pois com o uso dos dispositivos a trajetória da luz natural é modificada, alterando sua quantidade e sua distribuição espacial.

Sobre esta questão, Robbins (apud FIÚZA 2008) afirma que o uso dos dispositivos de proteção solar interfere nas condições de iluminação dos ambientes, podendo ser projetados para o auxílio na admissão e distribuição do fluxo da luz no ambiente. Bogo (2007) relata que em função das características geométricas e da refletância dos dispositivos de proteção solar, a luz natural em um ambiente pode sofrer alterações quantitativas e de distribuição espacial, podendo ocorrer situações de recepção de iluminação natural insuficiente ou, até mesmo, excessiva.

Corbella e Yannas (2003) abordam que o uso de dispositivos de proteção solar no Brasil é visto de forma generalizada e, além disso, quando são introduzidos em projetos, a maioria se faz de forma inadequada, com sub ou superdimensionamento da proteção. Afirmam, ainda, que os arquitetos brasileiros, para auxiliarem no aproveitamento e controle da luz natural, utilizam de teorias advindas de livros europeus e norte americanos, onde as situações climáticas são bem diferentes das nossas.

Ainda se tem muito a fazer para que o Brasil acompanhe os países que já possuem políticas energéticas no âmbito do projeto e da construção. Segundo Silva (2003) os Estados Unidos estão, pelo menos, uns 10 anos na frente do Brasil em relação a certificação, já na Alemanha e na Holanda, o pensamento em relação a sustentabilidade e a cultura ambiental dos edifícios não passa de uma obrigação dos profissionais e não mais um diferencial. Uma das preocupações destes países foi a introdução em seus códigos de construção e regulamentação, da obrigatoriedade do edifício em assegurar ao usuário o acesso à luz do dia e a visão para o exterior (BAKER; STEEMERS, 2002)

Reinhart (2005) relata que, dentre as normas internacionais, pesquisas que justifiquem as inúmeras regras relacionadas ao uso da luz natural, como a profundidade de penetração da luz natural no ambiente interno, são muito importantes. Reinhart (2006) resume que essas regras, bastante citada e freqüentemente utilizadas, devido as suas definições não rigorosas, vêm sendo questionadas.

A qualidade de luz em um ambiente depende de inúmeros fatores como a idade do usuário, qual a tarefa visual a ser realizada no ambiente, se o objeto da atividade visual é vertical ou horizontal, o tipo de atividade a ser exercida dentro do espaço, para qual latitude se está projetando, qual a orientação das aberturas, qual

a refletância do entorno e qual a refletância dos componentes do ambiente interno (MARAGNO 2005).

A facilidade do uso dessas regras generalizadas, sem qualquer preocupação com os índices de iluminância adequado ao ambiente, com o ofuscamento, com a penetração da radiação solar direta, entre outros, é dada devido as suas simplicidades, não havendo necessidade alguma de cálculos, baseada exclusivamente nas dimensões do ambiente e suas aberturas (REINHART, 2006).

Para edifícios de escritórios, a NBR 5413 estipula o índice de iluminância geral para área de trabalho entre com requisitos visuais normais de escritório. Para Alucci e Sacarazzato (2009) as regulamentações brasileiras devem abordar a iluminação natural para minimizar o uso da iluminação artificial, de forma que seu uso não implique em ganho de carga térmica advindo da radiação solar direta e que a quantidade de luz disponível seja suficiente para a realização das atividades para as quais se destine o ambiente.

O presente trabalho pretende verificar os efeitos do comportamento da distribuição da luz natural no interior de edifícios de escritórios com o uso de protetores solares, em diferentes latitudes brasileiras e orientações, através do uso do software Daysim, que analisa a luz do dia através de métricas dinâmicas. Desenvolvido pelo National Research Council Canadá (NRCC), o Daysim calcula as iluminâncias e luminâncias internas de um ambiente no período de um ano, minimizando tempo de simulação (REINHART, 2006). Além disso o programa permite o cálculo do Daylight Factor⁷ (DF), Useful Daylight Illuminance⁸ (UDI) e Daylight Autonomy⁹ (DA) para cada ponto de referência. O programa pode prever a autonomia da luz natural conforme as condições de céu ao longo do ano (REINHART, 2006), baseado em arquivos climáticos de cada latitude. A verificação do consumo da iluminação artificial de acordo com diferentes padrões de uso (número de pessoas no local e horas de permanência), iluminância de projeto e potência e

⁷ Daylight Factor: é um parâmetro comum para caracterizar a situação de luz em um ponto no edifício. É definida como a relação entre a iluminância interna em um ponto de interesse para a iluminância horizontal exterior sob o céu nublado CIE.

⁸ Useful Daylight Illuminance (Iluminação Natural Útil): é uma medida de desempenho da luz dinâmica do dia que também se baseia na iluminância do plano de trabalho. Visa determinar quando os níveis de iluminância são úteis para os ocupantes, ou seja, nem muito escuro (<100 lux), nem muito claro (<2000 lux). O excesso de luz, limiar superior, é quando o índice pode gerar desconforto visual e/ou térmico ao usuário.

⁹ Daylight Autonomy (Autonomia de Luz Natural): é permanência de um nível de iluminância mantido durante todo o período de uso do edifício pela luz natural.

sistema de controle da iluminação artificial é outra possibilidade que o programa pode proporcionar.

A partir desta Justificativa, apresentam-se então os Objetivos do trabalho.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral:

Verificar, por meio de simulação computacional de métricas dinâmicas, o efeito de diferentes protetores solares no comportamento da luz natural em ambientes de escritórios em várias orientações e latitudes brasileiras.

3.2. Objetivos Específicos:

- ✓ Pesquisar ambientes de escritórios padrão em edifícios representativos dentro das zonas bioclimáticas brasileiras para definição dos modelos a serem simulados.
- ✓ Investigar critérios de distribuição e quantidade de iluminação para análise das simulações.
- ✓ Verificar o efeito de protetores solares verticais, horizontais e mistos no desempenho da luz natural, quanto à distribuição e quantidade, nas cidades de Brasília, Florianópolis e Maceió;

4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho consta do Capítulo 1 Introdução, onde se encontra a Justificativa e Relevância do tema proposto, bem como seus Objetivos.

No Capítulo 2 apresenta-se a Revisão Bibliográfica sobre a iluminação natural, a eficiência energética e forma dos protetores solares e a simulação computacional no uso da iluminação natural.

O Capítulo 3 apresenta a Metodologia para atingir os objetivos propostos, como na Figura 1 que mostra um mapa conceitual do trabalho.

Os Resultados e Discussão encontram-se no Capítulo 4.

O Capítulo 5 encerra este trabalho com as Conclusões e Considerações Finais.

Ao final, pode-se verificar, nos Anexos, todos os resultados das simulações, ilustrados em false color e em tabulações, determinantes para que se chegasse as análises dos resultados. Além da Bibliografia pesquisada para esta dissertação.

Capítulo 2
Revisão Bibliográfica

2. Introdução

Para um melhor entendimento do uso da iluminação natural, este capítulo descreve sobre as vantagens do uso da iluminação natural, bem como suas normas e as fontes de luz natural. A influência das aberturas e das reflexões internas e externas para no uso da iluminação natural também é discorrido neste capítulo.

Na revisão bibliográfica destacam-se também os protetores solares, visto que estes podem ter diferentes formas, posições e tamanhos. Destacando, deste modo, o método de dimensionamento dos protetores realizados por Souza e Pereira (2008) que analisaram as necessidades do uso dos protetores solares segundo uma conjunção da temperatura externa e a radiação solar incidente na fachada.

Finalizando este capítulo, pode-se encontrar uma revisão sobre simulação computacional, que vem sendo uma ferramenta bastante utilizada entre os profissionais da área de projeto. Nesta parte, destaca-se o programa Daysim por analisar a luz do dia de forma dinâmica, através do seu desempenho anual, reduzindo, desta forma, o tempo de simulação.

2.1. Iluminação Natural

2.1.1. Vantagens da Iluminação Natural

Antes do advento da iluminação artificial, no período de luz diurna, o homem podia exercer suas atividades e, quando escurecia, tinha seu momento de sono e repouso. Muitas de nossas funções fisiológicas são, ainda, sincronizadas com o nascer (claro) e o pôr do sol (escuro) (WEBB, 2006).

Para ativar as funções fisiológicas os seres humanos necessitam da luz natural. Uma de suas principais funções é a produção de melatonina, substância responsável pelo despertar e pela sonolência nos seres humanos. Estudos sobre os efeitos da luz natural vêm sendo desenvolvidos e, com eles, observa-se a sua importância para o suprimento de nosso sistema endócrino. O uso da luz natural tem sido investigado para algumas aplicações específicas associadas aos estilos de vida modernos, e para tratamento clínico de doenças (WEBB, 2006).

Webb (2006) verificou que o aumento na incidência de problemas cardiovasculares, acidentes de trabalho, transtornos gastrointestinais, alterações psicológicas, distúrbios psicológicos e comportamentais, entre outros, também podem estar ligados à ausência de luz natural e ainda a permanência contínua do homem, por mais de 30 horas, sendo iluminado apenas pela luz branca.

Um estudo em mulheres submetidas ao trabalho noturno à iluminação artificial, mostrou um aumento na incidência de câncer de mama onde a produção hormonal foi alterada (STEVENS et al., 1996).

Corbella e Yannas (2003) relatam que o olho humano se adapta melhor à luz natural que a artificial, visto que esta não reproduz as cores como a luz natural e não varia conforme as horas do dia. Além disso, a luz natural tem como características básicas a disponibilidade em grande parte do dia, o excelente índice de reprodução de cor, a possibilidade em se ter altos índices de iluminação no ambiente interno e a possibilidade de redução do consumo de energia.

Ainda que a luz natural não esteja disponível sempre, os níveis de iluminação externos variam entre 30.000lux, num dia encoberto, a mais de 100.000 lux, num dia de céu claro. Portanto, sendo admitido apenas 1% desta luz no interior dos edifícios, isto poderá proporcionar iluminação de 300 a 1.000 lux aproximadamente, variando conforme a forma e tamanho do ambiente, uma faixa suficiente para a maioria das atividades visuais. (FIUZA, 2008, p.27)

Essas características e o fato da luz natural ser gratuita justificam o seu uso nos ambientes construídos e a substituição, mesmo que em partes, da luz artificial. A integração da luz natural com a luz artificial, pode gerar uma economia direta e significativa de energia nos edifício entre 50% à 80% no potencial econômico (GUTJAHR; MUELLER, 1996). Projetos que utilizam a luz natural podem chegar a substituir a iluminação artificial em 80% a 90% das horas, economizando considerável quantidade de energia elétrica (VIANNA & GONÇALVES, 2001).

Os edifícios, em sua maioria, são utilizados durante o dia, especialmente os de trabalho, educação e cultura (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Essas características, inerentes ao uso da luz natural, devem ser analisadas para garantir ao usuário integridade física e psíquica, além de obterem benefícios, através de bons índices de iluminação, no rendimento da tarefa a ser executada e, desta forma, reduzir o consumo energético e preservar o meio ambiente (WEBB, 2006).

O interesse nas boas práticas de projeto com intuito de atingir a eficiência energética das edificações, otimizou o uso da luz natural para a redução, mesmo

que em partes, do uso da luz artificial. Além disso, a luz natural, pode proporcionar uma distribuição e uma iluminação mais agradável que a luz artificial. Se houver aberturas adequadas, estas também podem garantir aos ocupantes uma visão com o meio externo, permitindo um relaxamento visual e um aumento no bem estar (ABNT, 2005).

2.1.2. Grandezas de Iluminação

A seguir, são descritoas as principais grandezas da iluminação, utilizadas nesta dissertação para avaliar as condições de iluminação natural nos ambientes.

A NBR 5461 (ABNT, 1991) define que a luminância é a intensidade luminosa de uma superfície, numa dada direção, por unidade de área perpendicular a esta direção (cd/m^2), e ainda, a Iluminância é “o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerando, para a área da superfície quando esta tende para o zero”. Iluminância é, portanto, a razão entre o fluxo luminoso incidente em um elemento, dado em lumen, para a área da superfície desse elemento, dado em m^2 , tendo como unidade de medida o lux ($\text{lux} = \text{lm/m}^2$). Para a NBR 5382 (ABNT, 1985) a iluminância, em qualquer campo de trabalho não pode ser inferior a 70% da iluminancia média determinada.

A NBR15215-2 (ABNT, 2005) descreve um procedimento de cálculo para a determinação da luz natural incidente em um ponto interno em um plano horizontal, sendo o Daylight Factor (DF) uma das medidas recomendada pela CIE – Commission Internationale de l’Eclairage. O Daylight Factor, que é a razão da iluminância exterior pela interior, sob condição de céu encoberto, medido em um plano horizontal em ambos os locais em forma de porcentagem.

Na sua formulação original, o DF é assumido como uma constante para todos os pontos de um ambiente, independente da iluminância horizontal externa produzida por céus com uma distribuição de luminâncias uniformemente constante com relação ao azimute (céus uniformes e encobertos). (NBR 15215-2, 2005)

Como o percentual de iluminação natural fornecido através do Daylight Factor é dado sob condições de céu encoberto, critério no qual não se enquadra no contexto brasileiro, esta dissertação utiliza outras.

2.1.3. Normas de Iluminação

Para atender o uso adequado da iluminação natural, é necessária a criação de normas que possam nortear os projetistas, a fim de obterem dados, técnicas e informações básicas da luz natural, disponibilizando métodos de cálculo e verificações dos níveis de iluminação natural no interior das edificações.

A NBR 5413 (1992) estabelece os valores de iluminâncias médias para iluminação em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.

Conforme a norma, deve-se avaliar a idade do usuário, a velocidade de precisão da tarefa e a refletância do fundo da tarefa, como na Tabela 01 e, verificar a iluminância requerida para ambiente de escritório, conforme indicações da Tabela 02.

Tabela 01: Fatores determinantes da iluminação adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	1
Idade	< 40 anos	40 a 55 anos	> 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	> 70%	30 a 70%	< 30%

Fonte: ABNT (1992)

Tabela 02: Iluminância por classes de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	20-30-50	Áreas públicas com arredores escuros
	50-75-100	Orientação simples para permanência curta
	100-150-200	Recintos não usados para trabalho contínuo
	200-300-500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500-750-1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000-1500-2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000-3000-5000	Tarefas visuais externas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000-7500-10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000-15000-20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: ABNT (1992)

Para essa dissertação foi considerado, em ambiente de escritórios, a idade dos usuários inferior a 40 anos, com velocidade de precisão das tarefas sem

importância, e refletância do fundo da tarefa de cor clara, adotando-se índice de iluminância de 500 lux.

Para a avaliação da iluminância no plano de trabalho, foi utilizado a NBR 15215-2 (ABNT, 2005), que calcula a quantidade de pontos a serem medidos na superfície de trabalho.

2.1.4. Fontes de Luz Natural

Segundo a NBR15215-3 (ABNT, 2005), a luz natural pode ser proveniente de três componentes distintas que alteram suas características.

- ✓ Luz que vem diretamente do céu (componente celeste);
- ✓ Luz que vem da superfície externa (componente de reflexão externa), advindo dos edifícios e do entorno;
- ✓ Luz que vem das superfícies internas (componente de reflexão interna), advindo das paredes, teto, piso etc.

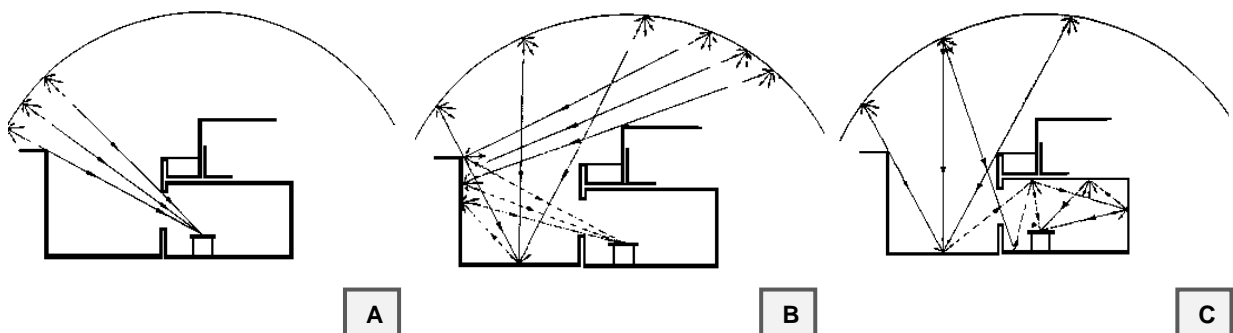


FIGURA 1: Luz proveniente do Sol. A) Componente Celeste. B) Componente de Reflexão Externa. C) Componente de Reflexão Interna. FONTE: NBR (2005)

A luz refletida pode influenciar na iluminação interna principalmente quando as aberturas vêm uma pequena ou nenhuma parte da abobada celeste (Vianna e Gonçalves, 2001).

A componente celeste se divide em: radiação solar direta e radiação difusa da abobada celeste (BROWN & DEKAY, 2004).

A radiação solar direta em um plano de trabalho pode causar ofuscamento e aumentar as temperaturas internas, prejudicial para climas quentes. Desta forma,

se faz necessário um estudo da orientação, forma e tamanho das aberturas de acordo com o clima em que o edifício será inserido (MARAGNO, 2000).

A radiação da abóbada celeste, por ser mais difusa, depende de variáveis como: latitude, época do ano, hora do dia, tipo e posicionamento da abertura e tipo de céu (PEREIRA, 2009). Como a latitude tem forte influência na radiação da abóbada celeste e, conseqüentemente, no uso da luz natural dentro do ambiente, foram escolhidos para este estudo, três cidades que caracterizassem diferentes latitudes, Brasília, Florianópolis e Maceió, a fim de comparar os resultados da iluminação natural com o uso dos dispositivos de proteção solar.

Os tipos de céu estão divididos em céu encoberto, céu parcialmente encoberto e céu claro (BROWN & DEKAY, 2004).

O céu encoberto é caracterizado por uma nebulosidade intensa que dificulta a visualização da posição exata do sol. Este tipo é três vezes mais brilhante no ponto mais alto da abóbada celeste e sua radiação, difusa, é relativamente mais homogênea (BROWN & DEKAY,2004). Mesmo assim, para efeito de iluminação no interior de um ambiente, o céu encoberto é tido como uma condição mínima de iluminação.

O céu parcialmente encoberto é considerado mais comum e, em determinado momento, se assemelha ao céu claro em pontos de claridade. Freqüentemente, devido às diferentes características da abóbada celeste, apresenta níveis de iluminação muito diversificados (BROWN & DEKAY,2004).

Segundo Corbella e Yanas (2003), para dias de céu parcialmente encoberto, o ambiente externo pode proporcionar um nível de iluminação interno de 300 lux, considerando a admissão interna de 1% da luz do exterior. Para a mesma porcentagem de admissão, em dia de seu claro, a iluminação interna pode chegar até 1.000 lux, sendo mais que suficiente para qualquer atividade cotidiana.

O céu claro tem menos brilho que os outros tipos de céu, sendo a radiação solar direta extremamente alta. Nesse tipo de céu as partículas de água são reduzidas, trazendo a inexistência de nuvens. Desta forma, apenas o comprimento de ondas da porção azul do espectro espalham-se em todas as direções (PEREIRA, 2009). Por depender da quantidade de partículas de água da atmosfera, do posicionamento do sol e da estação do ano, o céu claro tem uma variação no que se refere à iluminação (BAKER & STEEMERS, 2002).

O céu encoberto pode proporcionar, segundo Robbins (1986), uma penetração mais profunda de luz natural para dentro do ambiente, ao mesmo tempo uma seqüência de sombras mais suaves e algumas vezes um pouco mais de ofuscamento do que a luz de céu claro. O ofuscamento é causado pelo brilho extremo do céu nublado que se estendendo através do horizonte, sendo que o céu claro estabelece fontes de luz mais nítidas e pequenos detalhes podem ser iluminados (BROWN & DEKAY, 2004).

2.1.5. Iluminação natural em ambientes internos através de aberturas

Para Pereira (2009), a falta de procedimentos que auxiliem os projetistas a definirem a luz natural de forma simples, faz com que tenham uma dificuldade maior em incorporar o aproveitamento da luz natural em seus projetos. Desta forma, se faz necessário conhecer melhor o fenômeno da luz natural nos ambientes para que os profissionais a incluam em seus projetos (SOUZA, 2009).

A iluminação em um ambiente deriva das relações geométricas entre o espaço a ser iluminado e do tamanho, forma e localização das aberturas (ROBBINS, 1986).

As aberturas podem ser, de acordo com sua posição, definidas como aberturas zenitais e aberturas laterais. Tanto a iluminação zenital quanto a iluminação lateral têm características distintas no que diz respeito à distribuição da luz no ambiente e quanto ao nível de iluminância sobre o plano de trabalho (VIANNA & GONÇALVES, 2001).

Em ambientes com iluminação zenital, os índices de iluminância são maiores que ambientes com iluminação lateral, devido à área de visibilidade em relação ao céu ser maior. No entanto, a maneira mais comum de iluminar um ambiente é através de aberturas nas paredes que dão acesso ao exterior, ou seja, a iluminação lateral (VIANNA & GONÇALVES, 2001).

A iluminação lateral tem como desvantagem a distribuição não uniforme da iluminação natural e o índice de iluminância que, à medida em que se afasta da parede da abertura, cai rapidamente (BAKER & STEEMERS, 2002). Em ambientes iluminados lateralmente, quanto maior a profundidade do ambiente, maior será o contraste entre a área próxima da janela e a mais afastada. Segundo Robbins

(1986), para que o nível mínimo de iluminância seja atingido e para que a distribuição da luz natural seja mantida uniformemente, em ambientes iluminados lateralmente, a profundidade dos recintos não deve ultrapassar 2,5 vezes a altura do piso até as vergas da janela. Entretanto, Brown e Dekay (2004) relatam que para garantir o nível mínimo de iluminância e distribuição uniforme, a profundidade dos recintos deve ser 2 vezes a altura do piso até a verga. Vianna e Gonçalves (2001) discorrem que a verga, quanto mais próxima ao teto, promove um incremento da superfície refletora e a diminuição de áreas escuras, melhorando a uniformidade significativamente.

As aberturas laterais também diferem conforme as variações de suas posições e suas dimensões, podendo trazer, ao ambiente, diferentes distribuições e índices de iluminância interna (BAKER & STEEMERS, 2002).

As janelas altas encontradas com frequência no século XVIII e XIX mostram um contraste quando comparadas às janelas, muitas vezes com alturas reduzidas, dos tempos modernos. As janelas de proporções mais altas apresentam uma melhor penetração, porque proporcionam um contato maior com a abóbada celeste (BAKER & STEEMERS, 2002).

Vianna; Gonçalves (2001), Baker e Steembers (2002) relatam que para ambientes com mais de uma abertura lateral, posicionadas em paredes opostas, o índice de iluminação vindo das aberturas é somadas, trazendo maior uniformidade e aumentando o índice de iluminância ao ambiente. Além disso, esse tipo de posicionamento das aberturas reduz o ofuscamento pela diminuição do contraste entre janela e fundo.

Para edifícios de múltiplos andares, como o caso de edifícios de escritórios, a profundidade do ambiente é um parâmetro crítico. Desta forma as decisões iniciais de um projeto podem ter um impacto muito forte no uso da iluminação natural em edifícios. A iluminação natural não pode ser vista somente como quantidade de luz que entra através da abertura, mas também como uma preocupação com a qualidade de distribuição desta luz no ambiente e, principalmente, no plano de trabalho (BAKER & STEEMERS, 2002).

Robbins (1986) relata que a luz natural, para efeito de análise da iluminação lateral, deve ser avaliada segundo dois parâmetros de propagação:

- ✓ Parâmetro de Penetração: que consiste na distância em que a luz natural alcança no plano de trabalho em um determinado nível de iluminância, medida perpendicularmente ao plano de abertura;
- ✓ Parâmetro de Propagação da Luz: difusão adquirida através da distância em que um determinado nível de iluminância estende-se paralelamente ao plano da abertura ao longo do plano de trabalho.

Segundo Bogo (2007) as aberturas servem como transmissão da luz natural para o interior das edificações. Essa luz chega ao ambiente decorrente da radiação solar direta (radiação térmica) e através da radiação luminosa, sendo que esta última deve ser adquirida através da radiação solar difusa e/ou refletida para o ambiente interno.

As aberturas devem proporcionar, além de uma boa quantidade e distribuição da iluminação natural em um ambiente, visão para o exterior. Com o uso dos protetores solares, pode-se causar a diminuição da luz natural no ambiente interno e a diminuição da a vista para o exterior. Mas a preocupação com a radiação solar direta, que pode causar desconforto térmico e um incremento no consumo de energia se faz necessária. Sobre esta questão:

Admitir luz natural através das aberturas de forma a garantir adequados níveis de iluminação e de distribuição no ambiente, controlando os respectivos ganhos de calor solar, num equilíbrio termo-luminoso, geralmente é uma tarefa que apresenta dificuldades em nível de projeto de arquitetura. (BOGO,2009)

Para que a luz natural não atinja diretamente o vidro nas aberturas, elementos de proteção solar são de suma importância na decisão do projeto. Esses elementos podem ter formas diferenciadas para o mesmo ângulo de proteção e trazer diferentes níveis de iluminação e distribuição da luz natural para o interior do ambiente. Segundo Fiúza (2008), conhecer as aberturas como fonte luminosa é de suma importância para o aproveitamento e distribuição da luz natural no interior do ambiente e as aberturas, com proteção solar, podem modificar a eficiência luminosa, principalmente se estes não forem aplicados de forma correta.

2.1.6. Reflexões Internas e Externas

Para um bom projeto de iluminação interna com o uso de iluminação natural, parâmetros como tipo de fontes de luz, iluminância interna requerida, idade do usuário, contraste da radiação solar direta, índice de reflexão interna e externa e a relação do comprimento, largura, altura do ambiente, são de suma importância (CORBELLA & YANNAS, 2003).

Para a avaliação da luz admitida, interessa conhecer, além da quantidade admitida, como ela se distribui no ambiente, desde a sua fonte externa (sol e céu), passando pela abertura até o ambiente interno, sendo as propriedades refletivas dos materiais importantes nessa distribuição, visando garantir a luz em quantidade e qualidade adequadas. (BOGO, 2007, pg 50)

A reflexão dos componentes externos existe, principalmente, para aqueles edifícios localizados em grandes centros urbanos onde parte do céu, ou até mesmo sua totalidade, é obstruída pelas edificações vizinhas (BAKER & STEEMERS 2002). Desta forma, a extensão da abertura do ambiente, a posição, a distância e os materiais das edificações vizinhas devem ser considerados para o estudo da distribuição da luz natural no interior do ambiente.

Com relação à reflexão externa, Pereira (2009) descreve que os elementos que acentuam o comportamento da luz natural são: a área construída, tamanho e altura das edificações vizinhas, orientação das fachadas, controle solar e as características de transmissividade dos materiais. A contribuição da luz refletida do solo para a iluminação natural no interior é apontado por Cabús (2006) de forma que esta pode variar de 10% a 40%, com os valores mais altos ocorrendo quando a luz solar é direta no piso.

Bogo (2007) relata que, como a luz está diretamente relacionada com a visão, é importante o conhecimento da quantidade de luz natural admitida através da abertura, assim como sua distribuição no ambiente interno. Brown e Dekay (2004) descrevem que à medida que a profundidade do ambiente se distancia da parede com abertura lateral, o ângulo de visibilidade da abóbada celeste diminui e, conseqüentemente, a componente celeste torna-se mínima. Para isso se faz necessário usar de artifícios da reflexão externa e interna para se obter melhor uniformidade no ambiente e maior aproveitamento da luz natural.

Steffy (apud Souza, 2009), sugere alguns valores para refletâncias internas que serão utilizadas neste trabalho: teto 70%, paredes 50%, piso 20% e protetores solares 70%.

2.2. Protetores Solares

Segundo a NBR 15215-1 (ABNT, 2005), proteção solar é o "elemento de controle de superfície contínua opaca que protegem o componente de passagem contra os raios diretos do sol, podendo refletir luz natural para o interior". Esses elementos podem ser: beirais, marquises, muros e parte do edifício (quando fazem o papel de proteção solar vertical), e elementos criados apenas como quebra-sol (brise-soleil¹⁰).

Os protetores solares são utilizados para impedir a incidência direta de radiação solar nos interiores de um edifício, evitando, desta forma, calor excessivo. Olgay (2002) considera que as fachadas dos edifícios servem como uma proteção contra as intempéries da natureza e, os protetores solares são de suma importância para reter a radiação solar direta nos ambientes (OLGYAY, 2002).

As necessidades climáticas brasileiras podem ser consideradas um dos maiores fatores para a incorporação dos protetores na arquitetura moderna, diferenciando-a das edificações dos outros países (BRUAND apud MARAGNO, 2007). Desta forma, o uso dos protetores admite a luz natural de forma a garantir a quantidade desejada e uma distribuição adequada segundo as normas de conforto ambiental, garantindo o bloqueio da radiação solar direta que pode causar vários desconfortos ao ambiente interno (BOGO, 2007).

Com o uso dos protetores solares, a luz advinda do sol não incide diretamente no vidro das aberturas, o que faz com que esta sofra um redirecionamento por reflexão ao atingir os elementos junto às janelas, como na Figura 2. O redirecionamento da luz solar é advindo da refletância dos materiais empregados nos protetores (dependente da cor e tipo de material), podendo contribuir de forma positiva ao ambiente (BOGO, 2007).

¹⁰ Brise-soleil é uma expressão francesa que mesmo tendo sua tradução, quebra-sol, ainda é bem utilizada em português. Credita-se ao arquiteto francês a disseminação do brise-soleil pelo mundo (MARAGNO,2005)

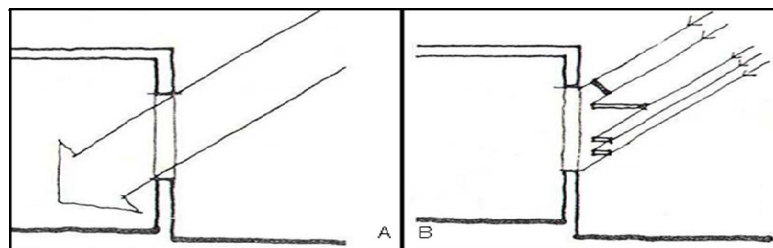


Figura 2: Incidência de luz natural em dois tipos de aberturas de uma edificação. A) Abertura sem Protetor Solar. B) Abertura com Protetores Solares.

FONTE: Adaptado de Bittencourt (2008)

Segundo Souza et al. (2009), o uso dos protetores solares tem forte influência no desempenho térmico das edificações, reduzindo a radiação solar direta incidente sem comprometer o comportamento da iluminação interna, podendo até melhorar sua distribuição.

As edificações precisam de sombreamento sempre que a temperatura externa estiver acima da temperatura do ponto de equilíbrio térmico da edificação. (BROWN e DEKAY 2004, p.80)

A Tabela 03 apresenta o percentual de redução de ganho solar entre os diferentes sistemas de proteção em uso, podendo ser verificado que os protetores solares externos (verticais, horizontais e mistos) apresentam o índice mais elevado de redução de ganhos solares.

Tabela 03 Comparação do percentual de redução de ganho solar entre diferentes sistemas de proteção solar

SISTEMA DE PROTEÇÃO SOLAR	PERCENTUAL DE REDUÇÃO DOS GANHOS DE CALOR SOLAR (em vidro simples transparente de ¼")
Brise-soleil	75 a 90%
Vidros e películas reflexivas	37 a 68%
Vidros com pigmento reflexivos	26 a 37%
Persianas internas de cores brilhantes com palhetas semi-abertas	30%
Persianas internas cores médias com palhetas semi-abertas	22%
Cortinas internas translúcidas	54%
Cortinas internas opacas de cores claras	59%
Cortinas internas opacas de cores escuras	15%

Retirado de Maragno 2007, pag 63

A proteção solar é desejável para um espaço externo sempre que as condições externas estiverem dentro ou acima da zona de conforto da carta bioclimática. As edificações precisam de sombreamento sempre que a

temperatura externa estiver acima da temperatura do ponto de equilíbrio térmico da edificação. (BROWN e DEKAY, p.80)

Os protetores solares podem ser classificados quanto ao movimento como: protetores móveis ou fixos; quanto a sua posição como: protetores horizontais, verticais ou mistos (quando por necessidade, utiliza-se protetor horizontal e vertical), como nas Figuras 4 e 5. Segundo Bitencourt (2008) os protetores devem ser utilizados segundo casos específicos como:

- Protetores horizontais: indicados para alturas solares maiores, em horários que o sol está mais alto na abobada celeste, tendo pouca eficiência para as primeiras e últimas horas da manhã. Quando utilizado para proteger raios baixos estes podem reduzir muito a vista para o exterior e para a abobada celeste.
- Protetores verticais: indicado para bloquear incidência oblíqua em relação a fachada (fachadas norte, sul, sudeste, nordeste e sudoeste), com eficiência no início da manhã e final da tarde.
- Protetores mistos: suas características são complementares as duas anteriores. Indicado para fachadas norte e sul em latitudes baixas.

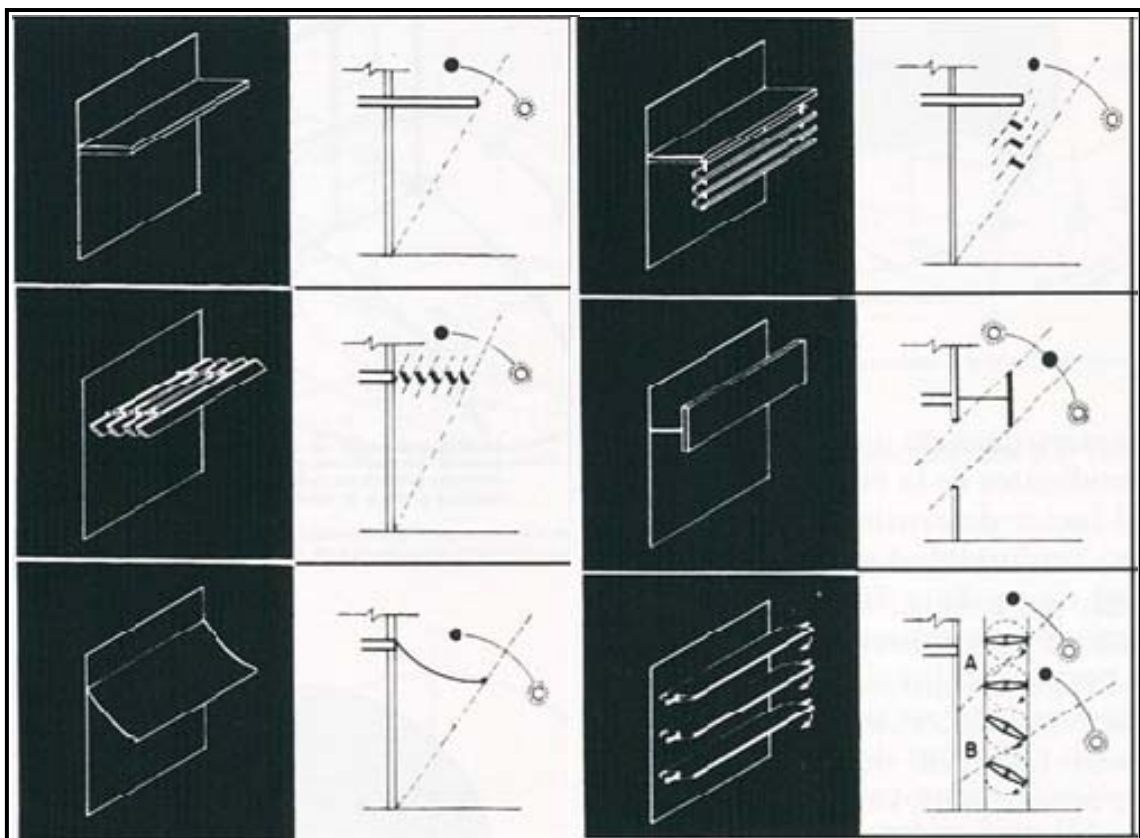


Figura 3: Modelos de Protetores Horizontais. FONTE: Olgyay (2002)



Figura 4: Modelos de Protetores Verticais. FONTE: Olgyay (2002)

Para este trabalho serão analisados aberturas com um protetor solar, abertura com dois protetores solares e com protetores solares filetados conforme Figura 05.

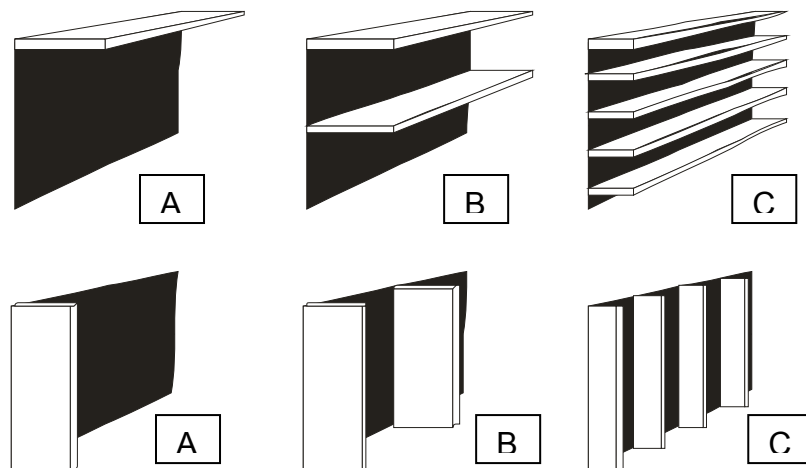


Figura 5: Modelos de protetores solares a serem analisados. (A) Com 1 Protetor - C1PT; (B) Com 2 Protetores – C2PT; (C) Com Protetor Filetado - CPTF

1.2.1. Método para dimensionamento de protetores solares

Pereira e Souza (2008) analisaram a necessidade de proteção solar em aberturas através da conjunção da temperatura externa e da radiação solar incidente na fachada. Os dados das normais climatológicas foram usados para definir a variação de temperatura média das cidades estudadas, definindo as temperaturas médias mensais de 06 às 18 horas ao longo dos meses do ano.

Usando a definição de zona de conforto, Pereira e Souza (2008), as temperaturas foram determinadas pelo cálculo da temperatura neutra segundo descrito por Bittencourt e Cândido (apud Pereira e Souza, 2008).

$$T_n = 0,31T_e + 17,6^\circ\text{C} \quad (1)$$

Sendo :

- T_n a temperatura neutra
- T_e a temperatura do ar média mensal, em $^\circ\text{C}$, extraída das Normais Climatológicas (BRASIL, 1991).

Para os resultados encontrados, Pereira e Souza (2008) selecionaram temperaturas neutras acima (T_n+2 ; T_n+3) e abaixo (T_n-7 ; T_n-8) da zona de conforto, determinando assim horários em que a insolação é ou não desejada.

Uma tabulação dos resultados encontrados, com diferenciação de cores para cada temperatura neutra encontrada, foi feito para cada cidade em estudo que, interpolado às cartas solares e à radiação incidente na fachada puderam obter protetores solares ideais mínimos para cada orientação.

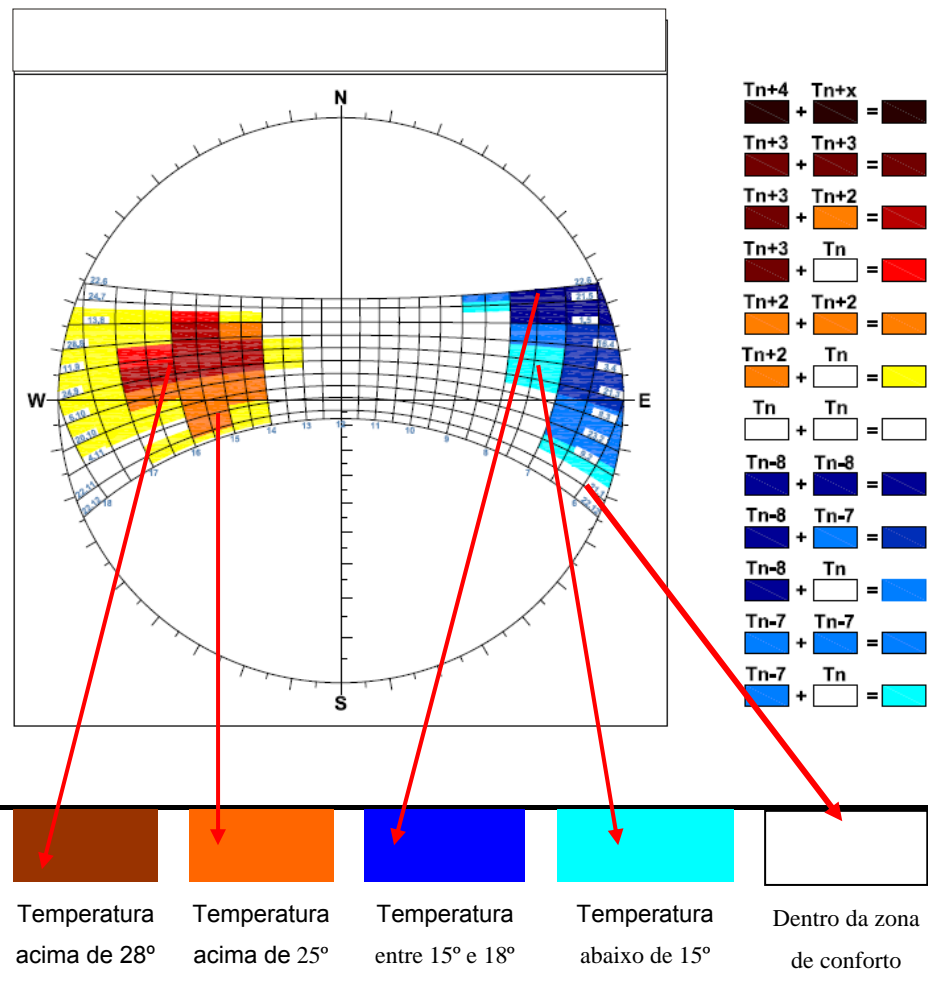
Com esse registro em cores da temperatura neutra, pode-se verificar os horários em que a radiação solar não é desejada (ver exemplo Tabela 03)

Tabela 04: Graus da temperatura neutra

BRASÍLIA												
Tn-8	16,4	16,4	16,5	16,3	15,9	15,6	15,6	16,3	16,7	16,5	16,4	16,4
Tn	24,4	24,4	24,5	24,3	23,9	23,6	23,6	24,3	24,7	24,5	24,4	24,4
Tn+2	26,4	26,4	26,5	26,3	25,9	25,6	25,6	26,3	26,7	26,5	26,4	26,35
Tn+3	27,4	27,4	27,508	27,3	26,9							

FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Para a determinação dos protetores, essa tabela de cores das temperaturas neutras foi colocada junto às cartas solares. Para cada fachada foi feito a junção da carta solar com o gráfico da radiação incidente nas fachadas com valores de 500W e 600W, considerados valores elevados, determinando os ângulos de proteção ideais mínimos. (ver Figura 6 , 7 e Tabela 5)



Adaptado de Souza (Interpolação da planilha de radiação com a carta solar)

Figura 6: Carta solar da cidade de Brasília, com a interpolação da tabela de temperatura neutra, que evidencia períodos com temperatura acima dos índices de conforto.

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2009)

Analisando os dados demarcados na carta solar juntamente com a radiação solar incidente em plano vertical, segundo a Figura 7, pode-se verificar a necessidade de protetores solares para a fachada oeste, onde a radiação solar incidente em plano vertical se sobrepõe às temperaturas considerada de desconforto, acima de 25° e 28°. Para a fachada norte se faz necessário protetor apenas onde encontra-se as maiores temperaturas, verificando que existe ainda áreas que necessitam de aquecimento. Para a fachada leste, mesmo as temperaturas estando abaixo da temperatura de conforto, se faz necessário o uso de protetores por causa da presença da radiação solar incidente acima de 500W. Para a fachada sul não existe a necessidade de uso de protetores solares.

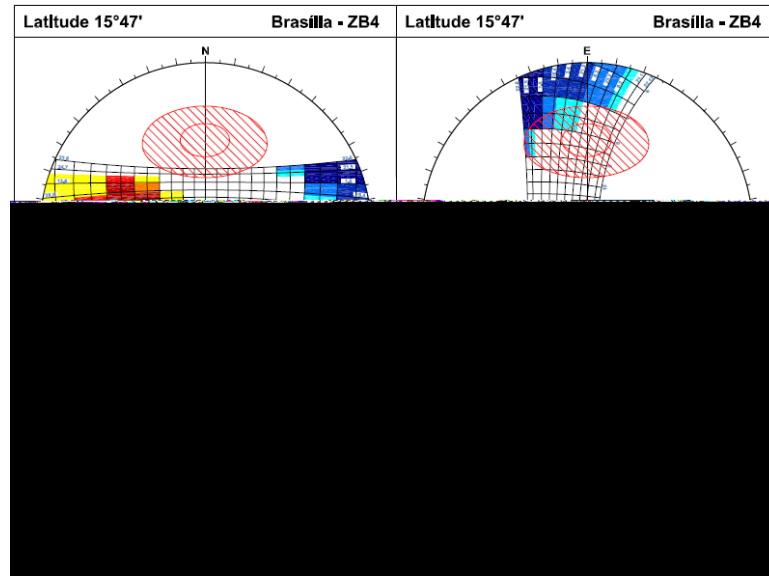


Figura 7: Carta solar para cada orientação (norte, sul, leste e oeste) com a sobreposição da radiação solar incidente para planos verticais. FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Segundo a Figura 8, pode-se perceber a máscara de sombreamento sugerida por Souza et al (2009) para a cidade de Brasília, o que gerou uma tabela gráfica com os ângulos de sombreamento.

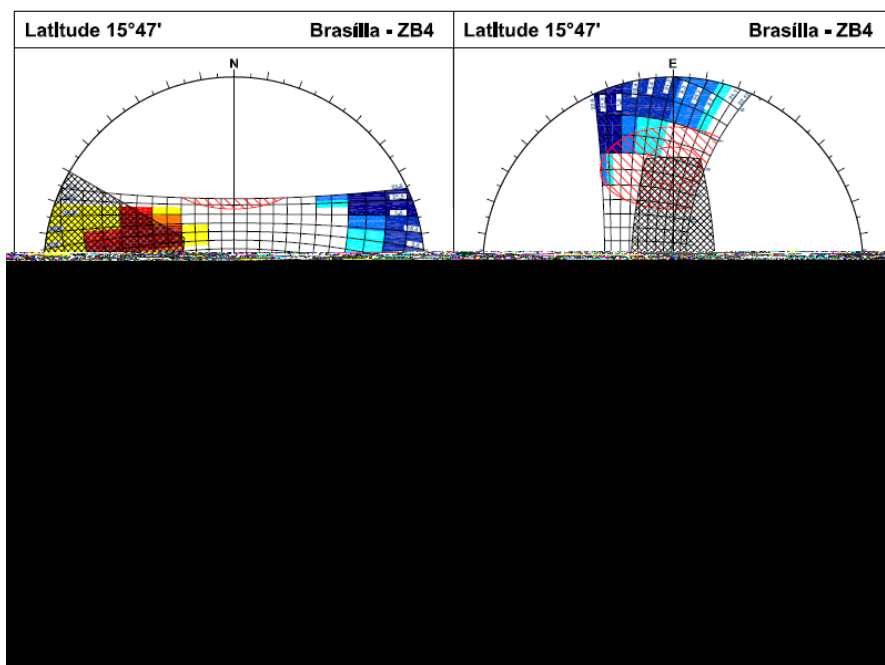


Figura 8: Máscara de proteção solar necessárias para cada orientação (norte, sul, leste e oeste). FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Segundo a Tabela 5, pode-se perceber que para as aberturas menores que 25% da área do piso, não se faz necessário usar protetores solares para praticamente todas as orientações, exceto para a orientação oeste onde a presença de protetor horizontal se fez necessário para não causar desconforto aos usuários. Para aberturas maiores que 25% da área do piso a necessidade de protetor se fez presente para quase todas as orientações, exceto para a orientação sul. Para as orientações leste e oeste, é sugerido por Souza et al (2009) o uso de protetores horizontais, sendo que para norte o protetor vertical apenas para o lado esquerdo da fachada.

Tabela 5: Ângulos de sombreamento necessário para a cidade de Brasília

Brasília										
Fachada	Área da janela < 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
Norte	-	-	-	-	-	-	-	30°	-	30°
Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste	-	-	-	-	-	60°	-	-	25°	25°
Oeste	70°	-	-	40°	-	70°	-	-	40°	25°

α : Ângulo de Proteção Solar Horizontal; β_d : Ângulo de Proteção Solar Vertical Direito; β_e : Ângulo de Proteção Solar Vertical Esquerdo; γ_d : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado direito; γ_e : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado esquerdo. FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Didoné (2009), em sua dissertação, fez um estudo comparativo, através de simulações computacionais, entre ambientes com e sem protetores solares. Para os modelos com protetores solares, foram estipulados de forma aleatórias e padronizados ângulos de proteção únicos para todas as fachadas, percebendo –se a necessidade de um estudo mais aprofundado em relação aos ângulos ideais de proteção solar e suas influencias na distribuição da luz natural no interior do ambiente. Diante esta problemática, este trabalho irá estudar a influencia da distribuição da luz natural com o uso de dispositivos de proteção solar ideal para cada fachada, segundo o estudo feito por SOUZA et al. (2009).

2.3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA ILUMINAÇÃO NATURAL

Uma variedade de ferramentas de simulações para a análise da luz natural está disponível gratuitamente. As simulações computacionais vêm se tornando ferramentas de trabalho muito importantes para os profissionais da área de projeto (REINHART, 2006). Relata, também, que além de serem rápidas, elas aceleram as decisões a serem tomadas em diferentes etapas do projeto e de seus aplicativos de gráficos descrevem geometrias complexas. Na última década, o Radiance se tornou referência para simulações avançadas da luz do dia (REINHART et al., 2006).

Diferentes abordagens numéricas têm sido utilizadas para simular a iluminância no ambiente interno: a radiosidade e o raytracing. O Radiosity, originalmente desenvolvido para resolver problemas de transferência de calor entre as superfícies, desde a década de 80, é aplicado também aos gráficos de computador, para calcular os níveis de iluminância devido à iluminação artificial ou natural. O raytracing simula os raios de luz individual no espaço, para calcular a distribuição da luz interna em um ambiente, sob um determinado ponto de vista. Conceitualmente, mesmo não permitindo o cálculo da luz indireta em tempo razoável, o raytracing permite prever resultados de superfícies complexas e arbitrárias, incluindo superfície especular, tal como espelhos. Uma vantagem do Raytracing em relação ao radiossidade é o fato de poder ser usado para simulações do ambiente com níveis de complexidade de materiais e forma.

O Daysim, programa de simulação escolhido para esta dissertação, foi desenvolvido principalmente para simular a iluminância e a luminância sob todas as condições de céu que aparecem em um ano, sendo capaz de modelar com precisão as iluminâncias internas mesmo com dispositivos de sombreamentos complexos, tais como sistemas de venezianas externas (REINHART, 2006).

2.3.1. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL ATRAVÉS DO PROGRAMA DAYSIM

Daysim é um software de análise de iluminação natural desenvolvido pelo National Research Council Canadá (NRCC). Ele utiliza algoritmos do *Radiance*, programa de simulação baseado no comportamento físico da luz, desenvolvido pelos Estados Unidos, na Universidade da Califórnia, que prediz a distribuição de iluminância e luminância em ambientes internos sob condições de Céu definidas validados como base de dados *Ray-trace* (REINHART et al., 2006). O programa

combina o *Daylight Coefficient* e o Modelo de Céu de Perez, o que faz com que o Daysim tenha resultados de simulações confiáveis da iluminância e luminância no interior do ambiente (REINHART et al.,2006).

O programa utiliza o *Radiance* como base de suas simulações, diminuindo o tempo de processamento para a obtenção dos resultados das métricas dinâmicas, desta forma a preparação do modelo em programas do tipo CAD tridimensional e das propriedades ópticas das superfícies, dentro e fora do edifício, e ainda, a especificação dos sensores dentro do ambiente são bem mais demorados (REINHART et al, 2006).

Daysim apresenta algoritmos de comportamento detalhado do usuário, sendo, também importante, para prever a economia de energia através da redução do uso da iluminação artificial através do uso da luz natural e do uso de dispositivos de sombreamento (REINHART, 2006).

O Daysim pode calcular a disponibilidade de luz natural de acordo com as horas de ocupação do ambiente durante o ano de referência, com o intuito de minimizar o uso da iluminação artificial e, com isso, reduzir o consumo de energia. Sua principal característica é o tempo reduzido de simulação por analisar a luz do dia de forma dinâmica, através do seu desempenho anual, baseado em arquivos climáticos de cada latitude, evitando a necessidade de simulação para todas as horas do ano (REINHART , 2006).

A simulação de métricas dinâmicas envolve duas etapas: uma etapa de pré-tratamento onde são calculados para cada ponto de sensor e, outra etapa de pós-processamento onde os coeficientes de luz são acoplados com os dados do clima para produzir uma série anual de iluminância e luminância (REINHART et al, 2006).

Além do cálculo das iluminâncias, o programa permite calcular:

- ✓ Daylight Factor (DF): parâmetro comum para caracterizar a situação de luz em um ponto no um edifício. É definido como a relação entre a iluminância interna em um ponto de interesse e a iluminância horizontal exterior sob o céu nublado CIE. Para se estudar o DF, o *British Standards Institution*, prescreve que para não haver a necessidade de uso da luz artificial no interior do ambiente, o DF não deve ser inferior a 5% e, para o uso da luz artificial, durante todo o dia 2%, desta forma, para que se satisfaçam os níveis mínimos requeridos, o DF pode variar entre 2% e 5%. (REINHART, 2006). Como dito

anteriormente, este fator não será usado neste trabalho, por levar em consideração o céu nublado, o que não condiz com o tipo de céu do Brasil.

✓ Useful Daylight Illuminance (UDI):_proposto por Mardalievic e Nabi (2005), o UDI é a medida do desempenho dinâmico da luz do dia, também baseado nas iluminâncias no plano de trabalho. Ele visa determinar a quantidade de luz útil para os ocupantes (nem muito escuro <100 lux, nem muito claro >2000 lux).

✓ Daylight Autonomy (DA): é definido como o percentual de autonomia da luz natural, de acordo com as horas de ocupação por ano do ambiente em estudo. Determina a porcentagem de horas no ano em que pode ser mantido sem uso de luz artificial, , atingindo os níveis mínimos de iluminância para uma determinada tarefa apenas com a luz natural. Este parâmetro será utilizado neste trabalho para comparar as diferentes situações de uso de protetores solares.

O *Daysim* utiliza modelos tridimensionais modelados em programas do tipo CAD, desde que este, consiga exportar o arquivo criado para o subdiretório do *Daysim* (subdiretório “*project*”), na extensão 3DS. O *Sketchup pro*, programa escolhido para modelagem dos modelos a serem estudados neste trabalho, tem a propriedade de exportar na extensão desejada, além de conseguir importar a biblioteca de materiais do *Daysim*, que devem ser colocados nas duas faces dos elementos construtivos do ambiente. Ao iniciar a simulação no *Daysim* e importar o arquivo de modelagem gerado em 3ds, este é convertido automaticamente pelo programa em formato Radiance (REINHART, 2006).

Após a modelagem, os pontos de medição segundo a NBR 15215-4 (ABNT, 2005) devem ser feitas manualmente com o uso de um editor de texto do tipo Bloco de Notas que consiga salvar o arquivo na extensão (*.pts) no subdiretório do *Daysim* “*project*” (REINHART, 2006). O programa TextPad foi o escolhido para se fazer a malha de pontos para este trabalho.

Como o *Daysim* simula a iluminação através do *Radiance*, após a definição do modelo e da malha de pontos, são necessários alguns dados de entrada referente ao uso de protetores ou não, caracterizando, desta forma, a complexidade da simulação (REINHART, 2006).

Tabela 6: Dados de entrada para modelos com proteção solar

Ambient bounces	Ambient division	Ambient sampling	Ambient accuracy	Ambient resolution	Direct threshold	Direct sampling
7	1500	100	0,1	300	0	0

FONTE: Adaptado de Reinhart (2006)

Tabela 7: Dados de entrada para modelos sem proteção solar

Ambient bounces	Ambient division	Ambient sampling	Ambient accuracy	Ambient resolution	Direct threshold	Direct sampling
5	1000	20	0,1	300	0	0

FONTE: Adaptado de Reinhart (2006)

Após esses dados de entrada a primeira etapa da simulação pode ser rodada e, a definição do horário de ocupação e o nível de iluminância adequado para a realização da tarefa¹¹ serão colocados para uma análise mais detalhada. Os resultados da segunda etapa da simulação são apresentados como números individuais e não, como em outros programas que, para uma melhor visualização da penetração da luz no plano de trabalho, utilizam gráficos que indicam os pontos de iluminância com iguais valores, do tipo mapeamento falsecolor, chamados de curvas isolux. Desta forma, para se obter esse mapeamento falsecolor, os resultados encontrados na simulação podem ser levados para outros programas, como o Win Surf 7.0, utilizado nesta dissertação. Como o Daysim gera resultados referentes ao Daylight Autonomy os mapeamentos falsecolor serão dados em curvas de iso Daylight Autonomy (isoDA) (REINHART et al, 2005).

A figura 9 esclarece todo o processo desde a modelagem do ambiente a ser simulado no programa Daysim, até o mapeamento falsecolor.

¹¹ Para este trabalho será adotado o horário de ocupação das 8:00 horas às 18:00 horas. E para o nível de iluminância adequado para a realização da tarefa, será utilizado a NBR 5413 (ABNT,1991) como referência.

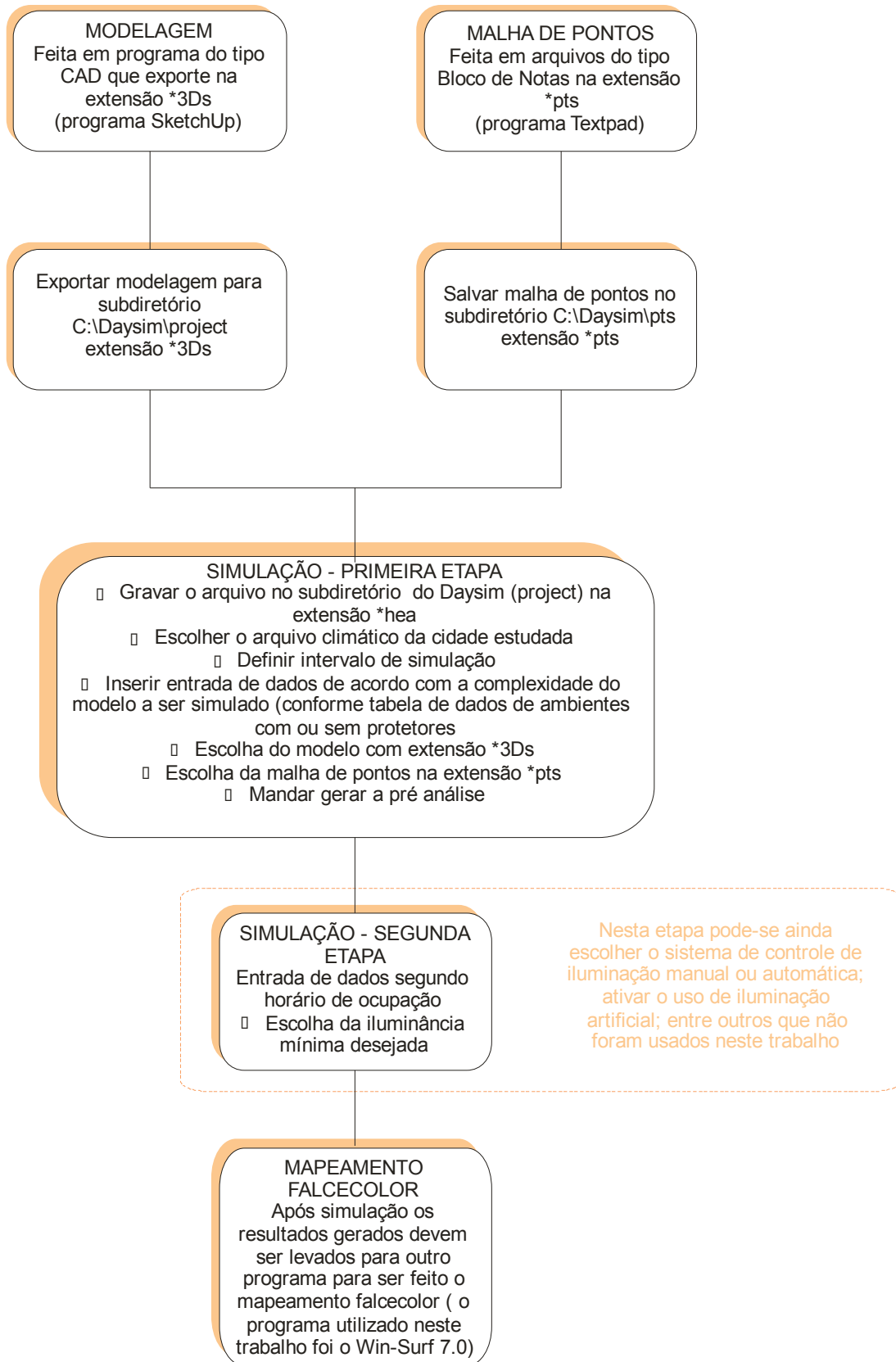


Figura 9: Mapa conceitual para mostrar o processo da simulação.

2.4. EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO

Os edifícios de escritórios têm suas origens, no século XVI, em armazéns destinados a estocagem de produtos. Nesta época, esses edifícios, não eram construídos apenas para esses fins como nos dias atuais PEVSNER (1979) apud (LIMA 2010). A partir do século XIX, os edifícios de escritórios caracterizavam-se por espaços construídos com maior monumentalidade e presença de ornamentos (LIMA; 2010).

Maragno (2000), Lima (2010) relatam que as transformações da construção, no início de século XX, trouxeram possibilidades de incorporar as novas tecnologias nas construções. As estruturas metálicas trouxeram maior leveza aos edifícios, surgindo, em Nova York, os arranha-céus com grandes aberturas envidraçadas LIMA (2010). Como no Brasil, essa tipologia foi incorporada em todo o mundo, sem qualquer preocupação com as diferenças climáticas (MARAGNO; 2000). Essa nova arquitetura, segundo Pedrini e Szokolay (2005) trouxe o uso de edifícios artificialmente condicionados, implicando em um impacto significativo no consumo de energia. Constataram, em uma análise energética de edifícios de escritório, feitas através de simulações computacionais em mais de 38.000 modelos, que a escolha adequada dos materiais e componentes construtivos de acordo com o clima local, assim como a geometria da edificação pode gerar até 70% de economia de energia.

Mesmo as estruturas em aço trazendo a facilidade de construções de edifícios mais altos, o concreto foi novamente introduzido nos edifícios de estilo modernista, no Brasil e no mundo (LIMA, 2010). Como primeiro exemplar do estilo modernista, no Brasil, tem-se o prédio do Ministério da Educação e Saúde no Rio de Janeiro, projetado por Lucio Costa, com acessoria de Le Corbusier, pioneiro no uso do concreto armado (BRUAND, 1981 apud LIMA, 2010).

Baseado nas novas tecnologias, o movimento Pós-Moderno surge, e uma corrente de arquitetura high-tech, gerando várias tipologias arquitetônicas com a possibilidade de criar seu próprio clima interno (MONTANER, 2002). A arquitetura caracterizou-se em edifícios cada vez mais transparentes, hermeticamente lacrados, climatizados artificialmente e tecnologicamente atraentes (LIMA, 2010).

Essa nova arquitetura, segundo Pedrini e Szokolay (2005), que trouxe o uso de edifícios artificialmente condicionados, implicou em um impacto significativo no consumo de energia. Constataram, em uma análise energética de edifícios de

escritório, feitas através de simulações computacionais em mais de 38.000 modelos, que a escolha adequada dos materiais e componentes construtivos de acordo com o clima local, assim como a geometria da edificação pode gerar até 70% de economia de energia. Segundo Didoné (2009), os fatores que influenciam o consumo de energia em edifícios de escritório são: iluminação, condicionamento de ar e equipamentos como microcomputadores, impressoras, cafeteiras, refrigeradores, etc.

Segundo Lima (2010), os edifícios de escritórios, atualmente, se caracterizam por uma arquitetura voltada para o destaque do edifício no entorno com formas suntuosas, com alta tecnologia e sistemas computacionais avançados, caracterizando os edifícios inteligentes. Desta forma, cada vez mais, projetos com características importadas com uso de soluções inadequadas ao clima local são utilizados por todo o mundo e principalmente no Brasil (LIMA, 2010).

A ausência da proteção solar externa nas aberturas dos ambientes permite a entrada da radiação solar direta e obriga o uso de protetores internos, como as cortinas e persianas, que tiram do ambiente a iluminação natural e induzem à utilização da iluminação artificial acarretando um aumento no consumo de energia elétrica. Supõe-se que tais problemas poderiam ser solucionados através de modificações na envoltória e suas aberturas, potencializando o uso da iluminação natural e diminuindo o consumo com energia elétrica. (DIDONÉ, p.24)

Didoné (2009) relata a importância do uso da luz natural em edifícios de escritório, pois a luz natural está fartamente disponível por todo o horário de uso desses edifícios. Discorre ainda, que o uso da luz natural de forma adequada, pode garantir níveis de iluminação adequados para o uso dos ambientes de escritórios, além de minimizar o uso da iluminação artificial, grande responsável pelo consumo de energia. Desta forma, se faz pertinente a escolha de edifícios de escritório para o estudo do comportamento da luz natural com o uso de protetores solares proposto neste trabalho.

Capítulo 3
Metodología

3. Introdução

A abordagem deste estudo é quantitativa, devido à natureza do seu objeto: o efeito dos protetores solares no comportamento da luz natural.

A metodologia foi dividida em quatro etapas, descritas abaixo:

PRIMEIRA ETAPA:

- 1- Variáveis da simulação: cidades (latitudes), orientação, horário de ocupação.
- 2- Levantamento de dados, tendo como referencia oito trabalhos realizados para as Zonas Bioclimáticas Brasileiras, onde foram feitos levantamentos das tipologias de edifícios de escritórios. Para a construção dos modelos, foram consideradas as características predominantes encontradas nesses levantamentos.
- 3- Levantamento de dados relacionado ao uso dos protetores solares para cada uma das oito Zonas Bioclimáticas e para cada orientação, tendo como referência o trabalho realizado por Souza e Pereira (2008). Para a construção dos modelos com proteção solar foram adotados os ângulos mínimos de proteção para cada localidade e orientação

SEGUNDA ETAPA:

- 4- Simulação computacional feita através do software Daysim, que avalia o comportamento das métricas dinâmicas da luz natural, fazendo um comparativo dos modelos com protetores solares com os modelos sem protetores solares.

TERCEIRA ETAPA:

- 5- Avaliação dos resultados da simulação computacional, feita a partir das métricas dinâmicas da luz natural. A avaliação será feita através de gráficos e tabelas comparativas da porcentagem da área de Daylight Autonomy, em relação a área da sala, comparado com o comportamento da luz natural em ambientes sem proteção solar.

QUARTA ETAPA:

- 6- Considerações finais feitas segundo três características: orientação, tipo de protetor e porcentagem de área de abertura na fachada (PAF).

A Figura 10 evidencia os passos da metodologia adotada no presente trabalho.

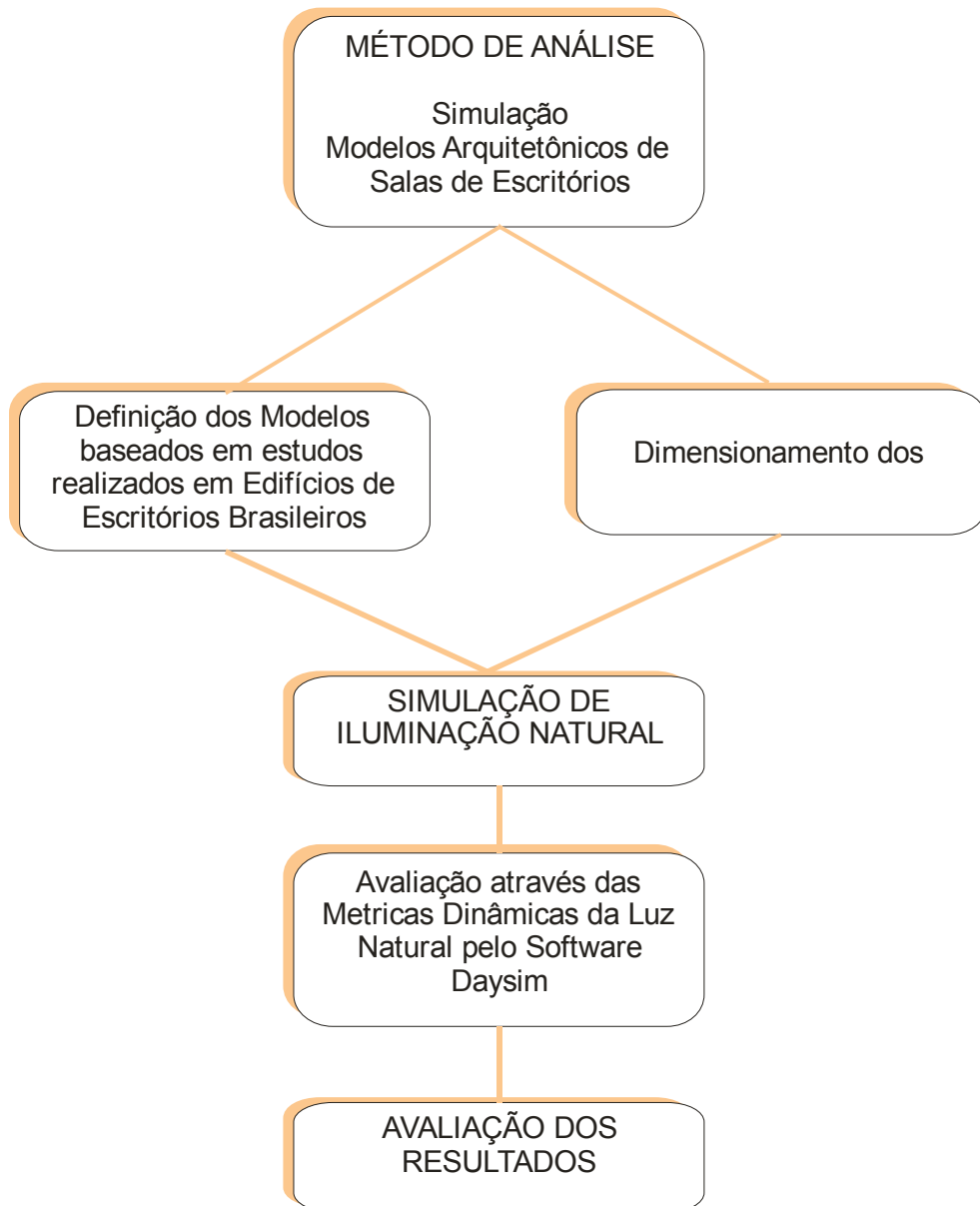


Figura 10: Mapa Conceitual do Trabalho mostrando a Metodologia empregada para atingir os Objetivos propostos.

3.1. Primeira Etapa

3.1.1. Variáveis da simulação

Essa pesquisa foi desenvolvida em um ambiente modelo de um edifício de escritórios para as cidades de Brasília, Florianópolis e Maceió, que caracterizam, respectivamente, as zonas bioclimáticas 4, 3 e 8 (NBR 15220-3) e latitudes de $15^{\circ} 86'$, $27^{\circ} 66'$, $9^{\circ} 51'$. O ambiente foi submetido à análise do comportamento da iluminação natural com o uso de protetores solares adequados para cada uma das três latitudes e orientação do edifício.

As cidades foram escolhidas por causa de suas latitudes diferentes, pois é sabido que as fontes de luz natural influenciam e são influenciadas pelo clima local, sendo a radiação solar e a umidade atmosférica parâmetros climáticos determinantes para as fontes de luz natural, pois formam as condições de nebulosidade. Assim, a geometria solar, cujas variações mais importantes estão relacionadas com a latitude, é que determina a radiação solar (ARAÚJO, 2006).

Sobre as três cidades estudadas pôde-se verificar, segundo as cartas solares, uma diferença na duração do dia e da noite nas diferentes épocas do ano: para todas as épocas do ano Brasília e Maceió têm características semelhantes com relação aos horários de nascer e por do sol, solstício de verão 5:30 às 18:30 e solstício de inverno 6:30 às 17:30. Em Florianópolis, para solstício de verão a predominância de sol é bem maior que para o solstício de inverno, obtendo quase quatro horas a mais de sol no verão que no inverno.

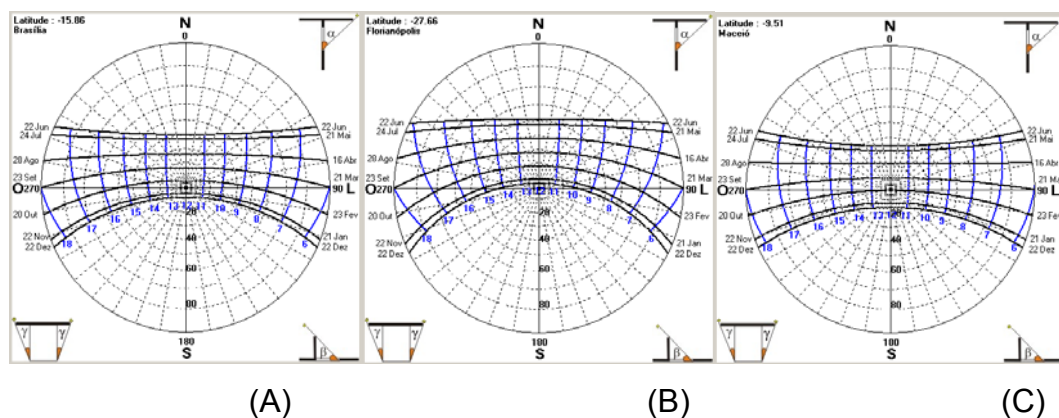


Figura 11: Cartas Solares. (A) Carta Solar da cidade de Brasília, (B) Carta Solar da cidade de Florianópolis, (C) Carta Solar da cidade de Maceió. Fonte: SOL-AR 6.2

As simulações serão feitas para cada orientação: Norte, Sul, Leste e Oeste.

3.1.2. Levantamentos das Características Predominantes para Escritórios

A definição do dimensionamento (largura, profundidade e pé-direito) e o tipo de vidro a serem utilizados no modelo, foram feitos com base nos levantamentos existentes para tipologias de escritórios das oito zonas bioclimáticas brasileiras¹², segundo Andreasi et al (2006), Cabús et al (2006), Ghisi et al (2006), Lomardo et al (2006), Pedrini et al (2006), Roriz et al (2006), Santos et al (2006), Xavier et al (2006). A análise dos dados procede-se através do programa estatístico Statistical Package for the Science (SPSS, versão 15.0). Através da frequência e ordenação de dados e reorganização das informações foi possível observar:

a) Área das Salas: 53,9% dos escritórios estudados tinham entre 21m² e 40m². Sendo assim, o modelo a ser simulado tem 4m de largura por 10m de profundidade, resultando em 40m² de área de piso (ver Figura 12 e 13).

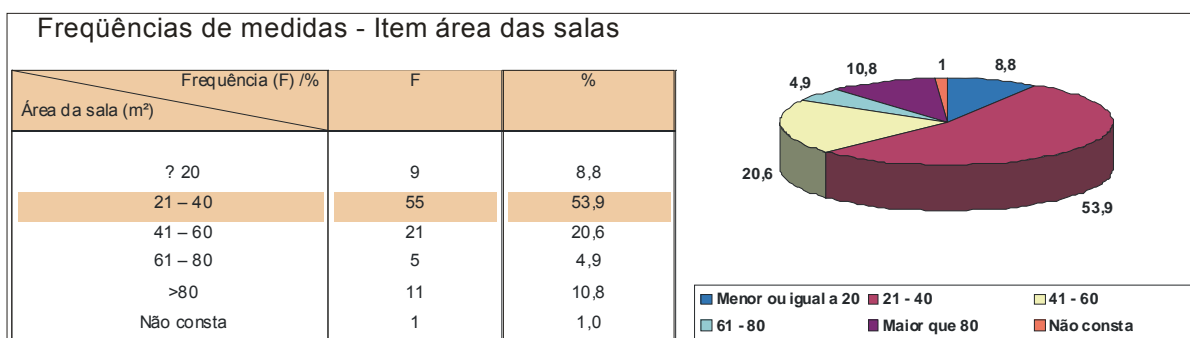


Figura 12: Frequência de medidas do item Área das Salas. Fonte:

Adaptado do SPSS

¹² A NBR 15220-3 estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social.

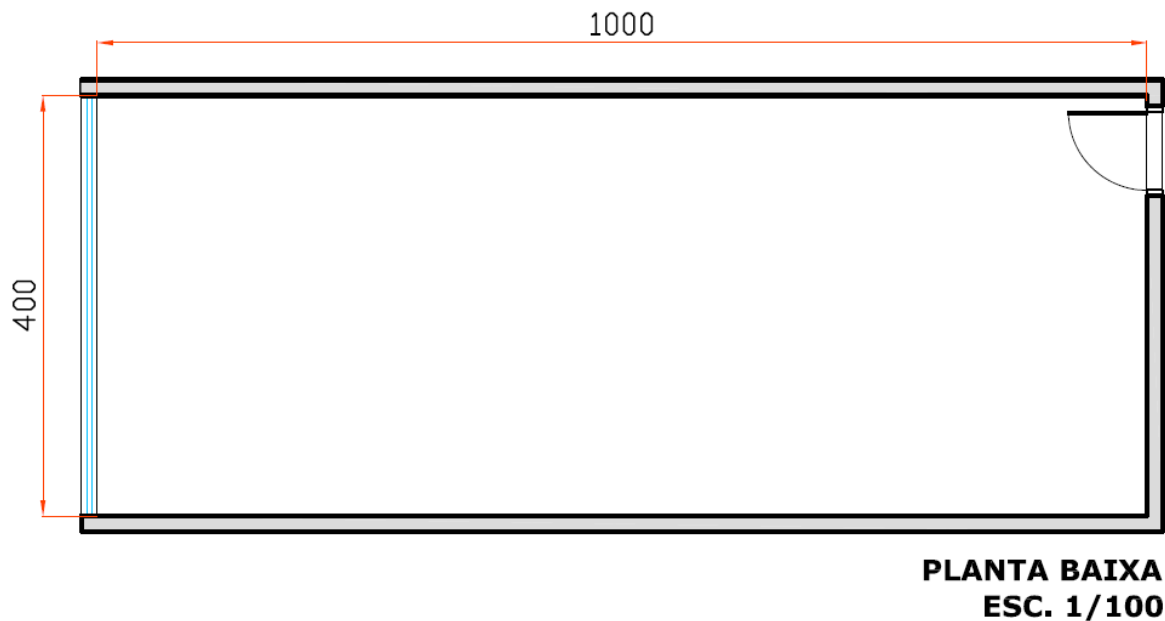


Figura 13: Planta baixa com dimensionamento do modelo proposto

b) Pé Direito das Salas: 38,2% dos escritórios estudados tinham entre 2,61m a 2,80m (ver Figura 14). Sendo assim, o pé direito do modelo foi definido em 2,70m.

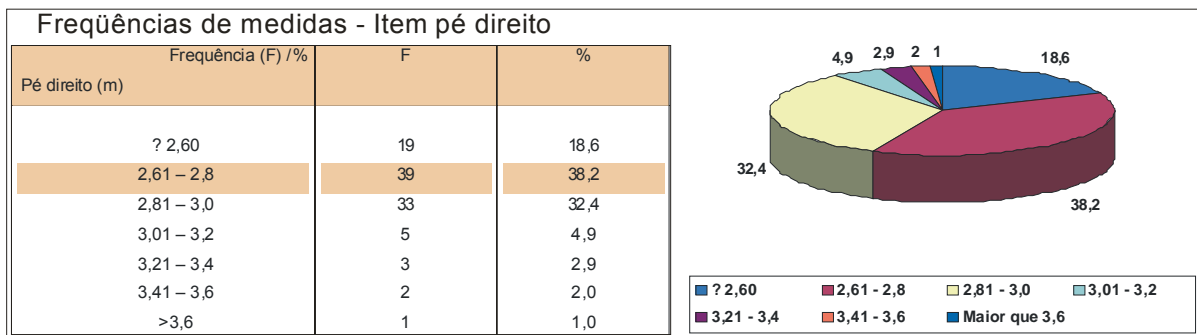


Figura 14: Frequência de medidas do item Pé Direito das Salas.

Fonte: Adaptado do SPSS

c) Tipo de Vidro: 50,9% dos escritórios estudados tinham vidros incolores (ver Figura 15). Desta forma para o modelo foi utilizado vidro com transmitância de luz visível de acordo com o banco de dados para vidro incolor do programa Daysim (Radiance) de 90%.

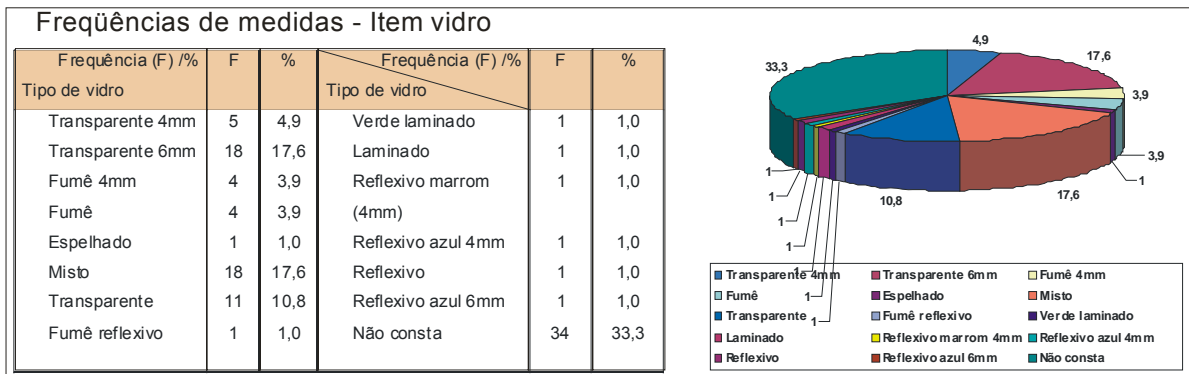


Figura 15: Frequência de especificações do item Tipo de Vidro. Fonte: Adaptado do SPSS

d) Dimensionamento das aberturas: são utilizados os Percentuais de Área de Fachada (PAF) de 25%, 50% e 75%, os mesmos utilizados por Didoné (2009), para efeito comparativo. Como no Brasil os Códigos de Edificações utilizam, em sua maioria, a relação entre a área do piso e área de abertura mínima para iluminação natural, pode-se observar que as áreas de aberturas a serem simuladas correspondem, respectivamente a, $1/14$, $1/8$ e $1/5$ da área do piso. (ver Figura 16 e 17).

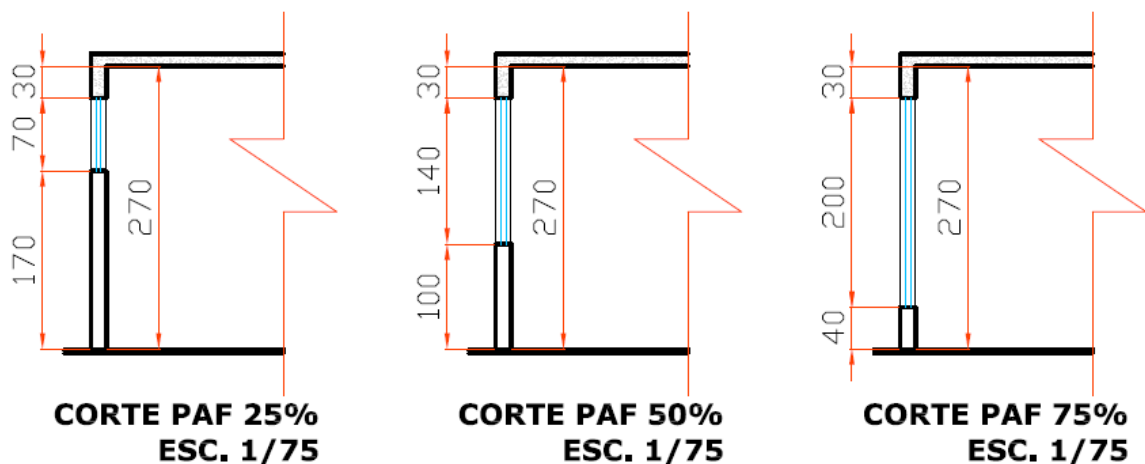


Figura 16: Diferentes cortes mostrando a altura do peitoril de acordo com Porcentagem de Abertura na Fachada

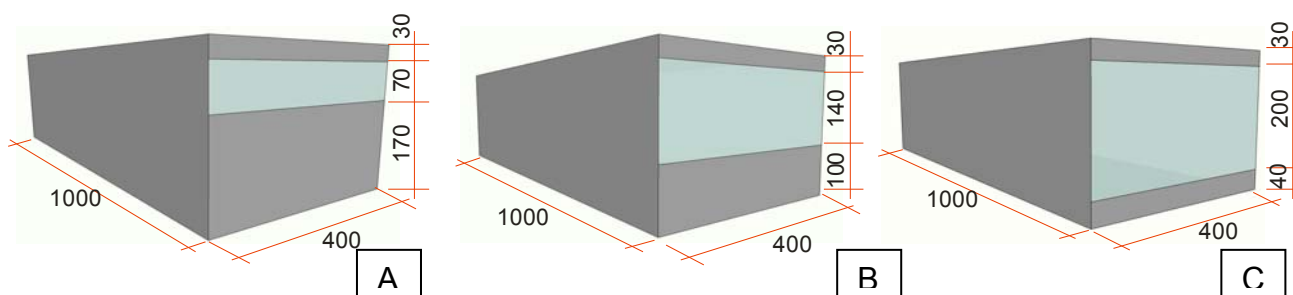


Figura 17: Perspectiva do Percentual de Área de Abertura na Fachada. A) Fachada PAF 25%. B) Fachada PAF 50%. C) Fachada PAF 75%.

3.1.3. Dimensionamento dos Protetores Solares

Para o dimensionamento dos protetores solares a serem estudados, serão utilizados os ângulos recomendados por Souza et al. (2009), pois o intuito maior deste trabalho é a utilização de protetores solares ideais para cada latitude e orientação. Desta forma para efeito de comparação no comportamento da luz natural com o uso dos protetores solares serão analisados com aberturas com um protetor C1PT), com dois protetores (C2PT) e com protetores filetados (CPTF). Abaixo, as tabelas 11,12 e 13 as Figuras 18,19 e 20 evidenciam os modelos a serem estudados.

Tabela 08: Ângulos mínimos recomendados para protetores solares em Brasília

Brasília										
Fachada	Área da janela < 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
Norte	-	-	-	-	-	-	-	30°	-	30°
Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste	-	-	-	-	-	60°	-	-	25°	25°
Oeste	70°	-	-	40°	-	70°	-	-	40°	25°

α : Ângulo de Proteção Solar Horizontal; β_d : Ângulo de Proteção Solar Vertical Direito; β_e : Ângulo de Proteção Solar Vertical Esquerdo; γ_d : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado direito; γ_e : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado esquerdo. FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Tabela 09: Ângulos mínimos recomendados para protetores solares em Florianópolis

Florianópolis										
Fachada	Área da janela < 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
Norte	-	-	-	-	-	55°	-	-	-	60°
Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leste	-	-	-	-	-	65°	-	-	20°	20°
Oeste	60°	-	-	20°	10°	65°	-	-	25°	20°

α : Ângulo de Proteção Solar Horizontal; β_d : Ângulo de Proteção Solar Vertical Direito; β_e : Ângulo de Proteção Solar Vertical Esquerdo; γ_d : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado direito; γ_e : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado esquerdo. FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Tabela 10: Ângulos mínimos recomendados para protetores solares em Maceió

Maceió										
Fachada	Área da janela < 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e	α	β_d	β_e	γ_d	γ_e
Norte	15°	-	-	-	75°	30°	-	-	-	15°
Sul	-	20°	-	30°	-	15°	25°	-	-	-
Leste	-	-	-	-	-	65°	-	-	20°	25°
Oeste	75°	-	-	50°	35°	75°	-	-	40°	35°

α : Ângulo de Proteção Solar Horizontal; β_d : Ângulo de Proteção Solar Vertical Direito; β_e : Ângulo de Proteção Solar Vertical Esquerdo; γ_d : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado direito; γ_e : Ângulo de determinação do comprimento do Protetor Solar para o lado esquerdo. FONTE: Adaptada de Souza et al., 2009

Desta forma, este trabalho é composto de 10 modelos que, simulados em condições diversas geraram 111 simulações diferentes. Esta subdivisão pode ser melhor evidenciada abaixo:

Tabela 11: Modelos a serem simulados para a cidade de Brasília

MODELOS BRASÍLIA				
MODELO	PAF	ORIENTAÇÃO	TIPO DE PROTETOR	CARACTERÍSTICA DO PORTETOR
MODELO 01	50%	Norte	Vertical	SPT
	50%	Norte	Vertical	C1PT
	50%	Norte	Vertical	C2PT
	50%	Norte	Vertical	CPTF
	75%	Norte	Vertical	SPT
	75%	Norte	Vertical	C1PT
	75%	Norte	Vertical	C2PT
	75%	Norte	Vertical	CPTF
MODELO 02	50%	Leste	Horizontal	SPT
	50%	Leste	Horizontal	C1PT
	50%	Leste	Horizontal	C2PT
	50%	Leste	Horizontal	CPTF
	75%	Leste	Horizontal	SPT
	75%	Leste	Horizontal	C1PT
	75%	Leste	Horizontal	C2PT
	75%	Leste	Horizontal	CPTF
MODELO 03	25%	Oeste	Horizontal	SPT
	25%	Oeste	Horizontal	C1PT
	25%	Oeste	Horizontal	C2PT
	25%	Oeste	Horizontal	CPTF
	50%	Oeste	Horizontal	SPT
	50%	Oeste	Horizontal	C1PT
	50%	Oeste	Horizontal	C2PT
	50%	Oeste	Horizontal	CPTF
	75%	Oeste	Horizontal	SPT
	75%	Oeste	Horizontal	C1PT
	75%	Oeste	Horizontal	C2PT
	75%	Oeste	Horizontal	CPTF

Modelos com protetores a serem simulados para o Brasília. SPT: sem protetor solar; C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetor solar filetado

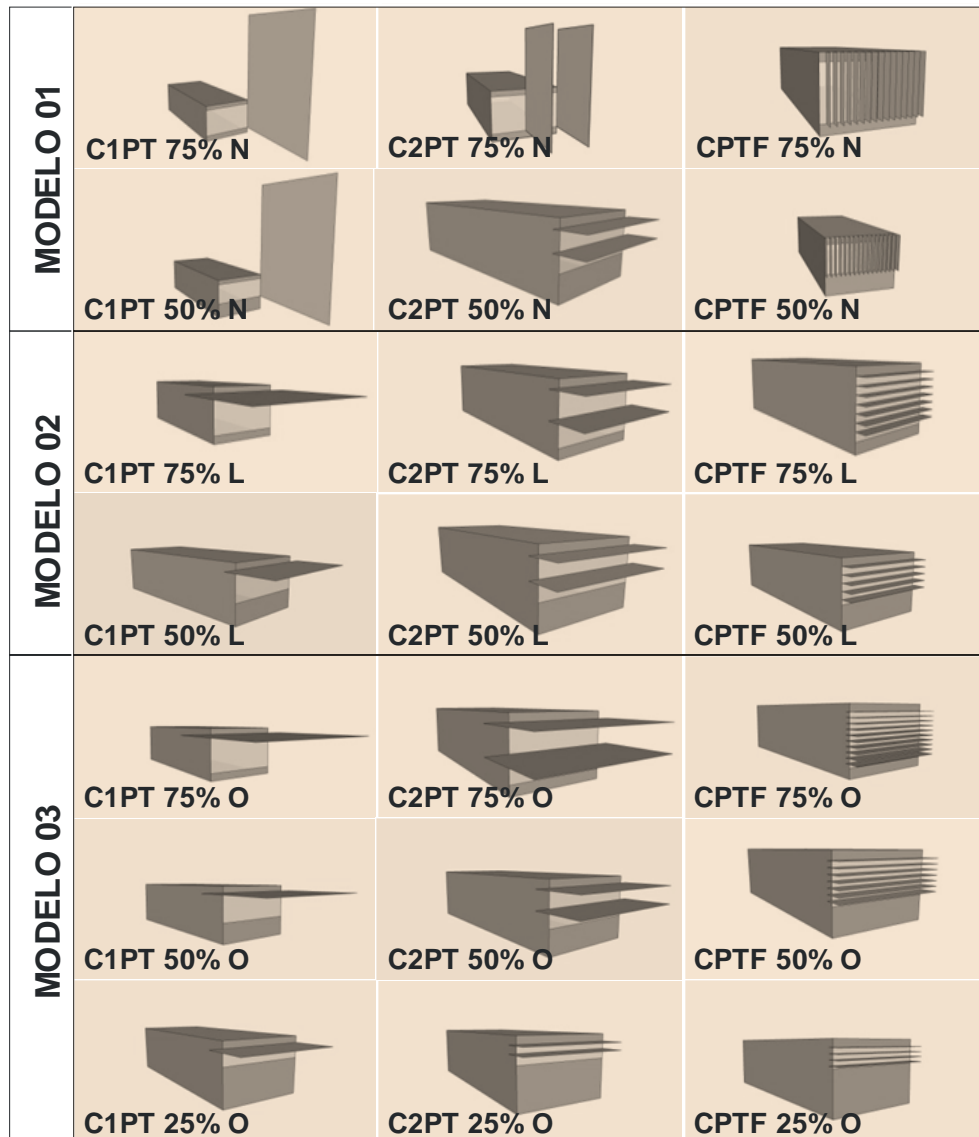


Figura 18: Modelos com protetores a serem simulados para o Brasília.
 C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetor solar filetado. N: norte; S: sul; L: leste; O: oeste.

Tabela 12: Modelos a serem simulados para a cidade de Florianópolis

MODELOS FLORIANÓPOLIS				
MODELO	PAF	ORIENTAÇÃO	TIPO DE PROTETOR	CARACTERÍSTICA DO PROTETOR
MODELO 04	50%	Norte	Vertical	SPT
	50%	Norte	Vertical	C1PT
	50%	Norte	Vertical	C2PT
	50%	Norte	Vertical	CPTF
	75%	Norte	Vertical	SPT
	75%	Norte	Vertical	C1PT
	75%	Norte	Vertical	C2PT
	75%	Norte	Vertical	CPTF
MODELO 05	50%	Leste	Horizontal	SPT
	50%	Leste	Horizontal	C1PT
	50%	Leste	Horizontal	C2PT
	50%	Leste	Horizontal	CPTF
	75%	Leste	Horizontal	SPT
	75%	Leste	Horizontal	C1PT
	75%	Leste	Horizontal	C2PT
	75%	Leste	Horizontal	CPTF
MODELO 06	25%	Oeste	Horizontal	SPT
	25%	Oeste	Horizontal	C1PT
	25%	Oeste	Horizontal	C2PT
	25%	Oeste	Horizontal	CPTF
	50%	Oeste	Horizontal	SPT
	50%	Oeste	Horizontal	C1PT
	50%	Oeste	Horizontal	C2PT
	50%	Oeste	Horizontal	CPTF
	75%	Oeste	Horizontal	SPT
	75%	Oeste	Horizontal	C1PT
	75%	Oeste	Horizontal	C2PT
	75%	Oeste	Horizontal	CPTF

Modelos com protetores a serem simulados para Florianópolis. SPT: sem protetor solar; C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetor solar filetado

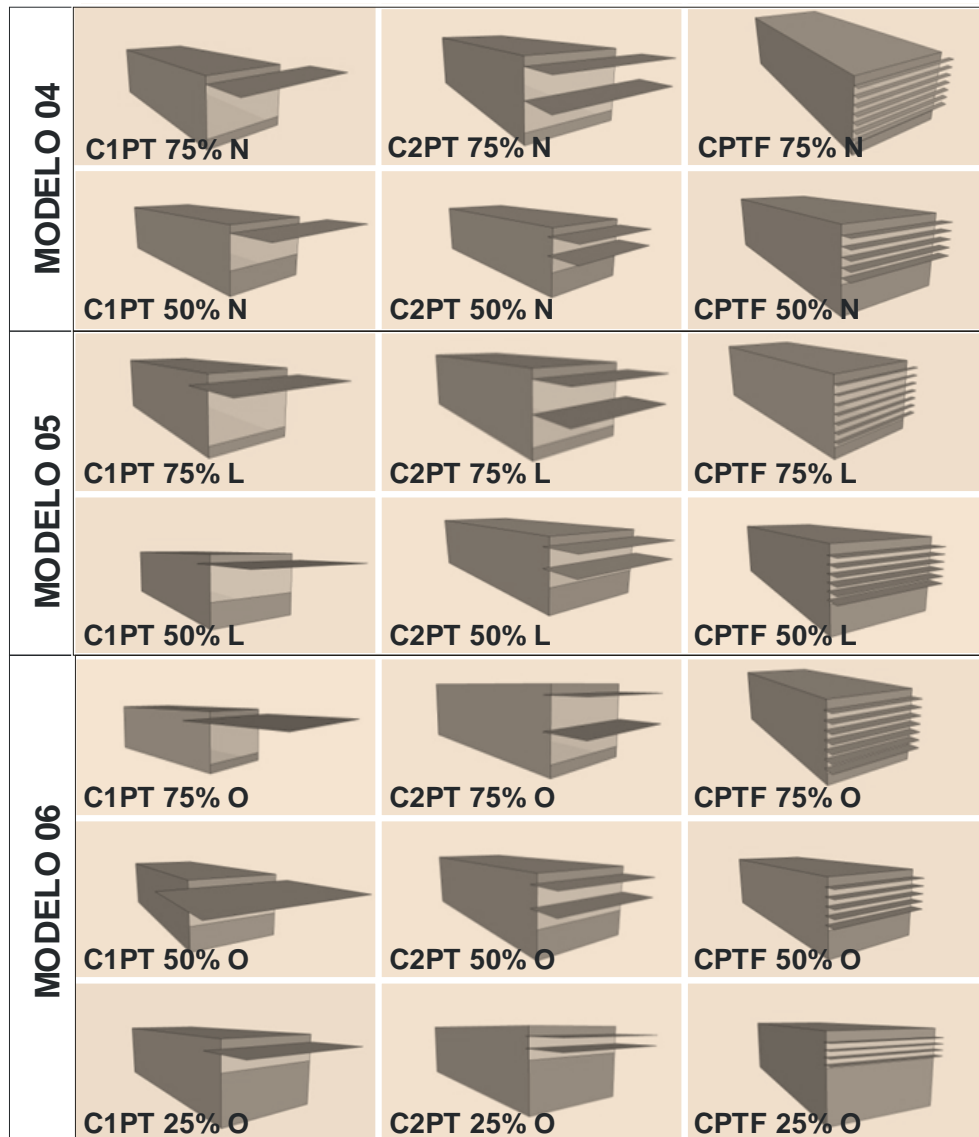


Figura 19: Modelos com protetores a serem simulados para Florianópolis.
 C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetor solar filetado. N: norte; S: sul; L: leste; O: oeste.

Tabela 13: Modelos a serem simulados para a cidade de Florianópolis

MODELOS MACEIÓ				
MODELO	PAF	ORIENTAÇÃO	TIPO DE PROTETOR	CARACTERÍSTICA DO PORTETOR
MODELO 07	25%	Norte	Horizontal	SPT
	25%	Norte	Horizontal	C1PT
	25%	Norte	Horizontal	C2PT
	25%	Norte	Horizontal	CPTF
	50%	Norte	Horizontal	SPT
	50%	Norte	Horizontal	C1PT
	50%	Norte	Horizontal	C2PT
	50%	Norte	Horizontal	CPTF
	75%	Norte	Horizontal	SPT
	75%	Norte	Horizontal	C1PT
	75%	Norte	Horizontal	C2PT
	75%	Norte	Horizontal	CPTF
MODELO 08	25%	Sul	Misto	SPT
	25%	Sul	Misto	C1PT
	25%	Sul	Misto	C2PT
	25%	Sul	Misto	CPTF
	50%	Sul	Misto	SPT
	50%	Sul	Misto	C1PT
	50%	Sul	Misto	C2PT
	50%	Sul	Misto	CPTF
	75%	Sul	Misto	SPT
	75%	Sul	Misto	C1PT
	75%	Sul	Misto	C2PT
	75%	Sul	Misto	CPTF
MODELO 09	50%	Leste	Horizontal	C1PT
	50%	Leste	Horizontal	C2PT
	50%	Leste	Horizontal	CPTF
	75%	Leste	Horizontal	SPT
	75%	Leste	Horizontal	C1PT
	75%	Leste	Horizontal	C2PT
	75%	Leste	Horizontal	CPTF
	75%	Leste	Horizontal	CPTF
MODELO 10	25%	Oeste	Horizontal	SPT
	25%	Oeste	Horizontal	C1PT
	25%	Oeste	Horizontal	C2PT
	25%	Oeste	Horizontal	CPTF
	50%	Oeste	Horizontal	SPT
	50%	Oeste	Horizontal	C1PT
	50%	Oeste	Horizontal	C2PT
	50%	Oeste	Horizontal	CPTF
	75%	Oeste	Horizontal	SPT
	75%	Oeste	Horizontal	C1PT
	75%	Oeste	Horizontal	C2PT
	75%	Oeste	Horizontal	CPTF

Modelos com protetores a serem simulados para Maceió. SPT: sem protetor solar; C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetor solar filetado

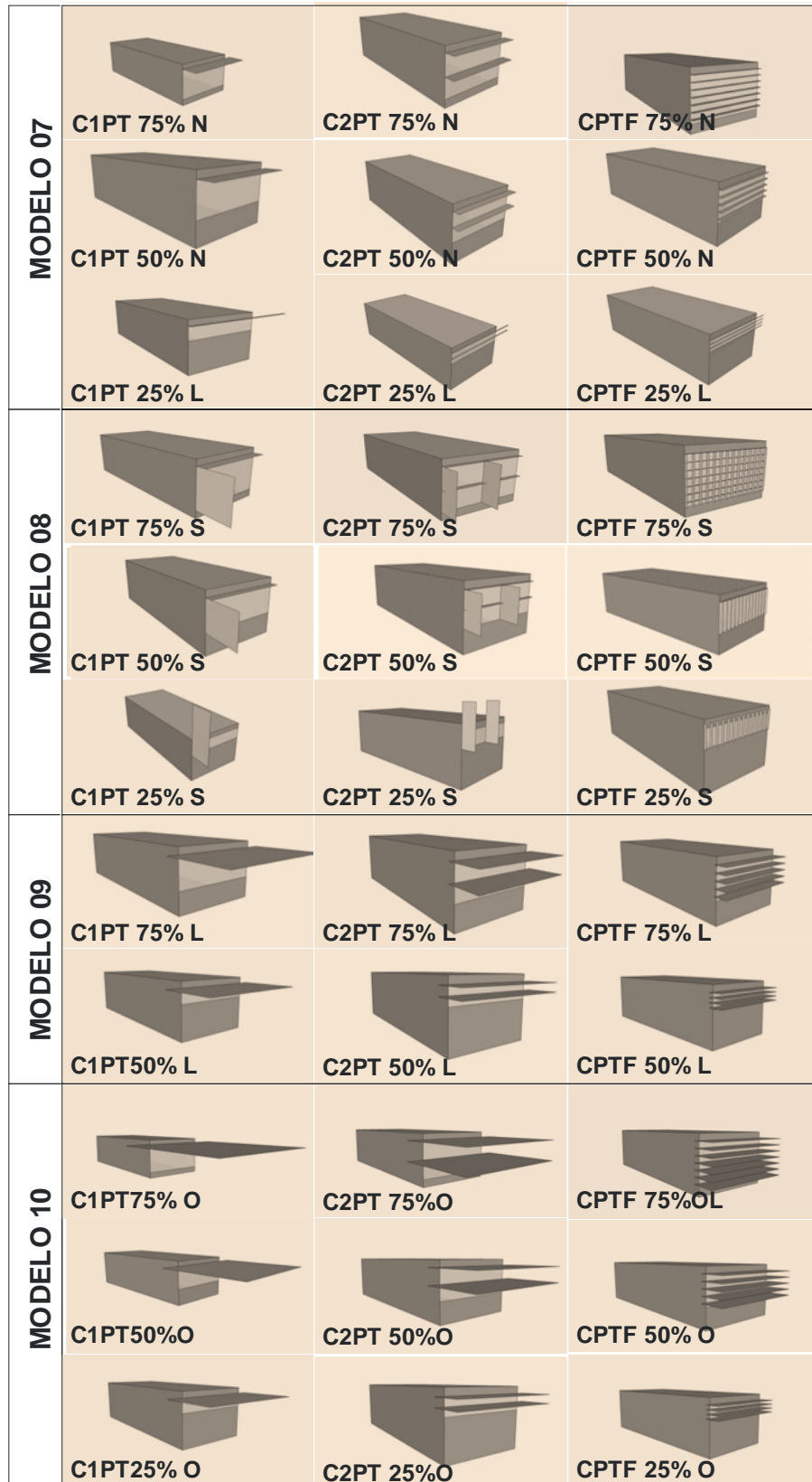


Figura 20: Modelos com protetores a serem simulados para Maceió. C1PT: com protetor solar único; C2PT: com 2 protetores solares; CPTF: com protetor solar filetado. N: norte; S: sul; L: leste; O: oeste.

3.2. Segunda Etapa

3.2.1. Simulação dos Modelos

Os modelos foram desenhados com o software SketchUp, que permite entrada de dados de refletância dos materiais a serem simulados¹³. O programa é compatível com o software de simulação, Daysim, deixando a modelagem simples. É necessário colocar as propriedades dos materiais nas faces internas e externas. O arquivo deve ser transformado na extensão 3ds para que os modelos e suas respectivas refletâncias possam ser reconhecidos pelo Daysim. Para este trabalho foi adotado refletância, seguindo os mesmos critérios de Didoné (2009): para o teto de 70%, para as paredes de 50%, para o piso de 20% e para os protetores solares de 70%.

Para caracterizar um plano de análise a ser simulado, foi adotada como referência a NBR 15215-4 (ABNT, 2005). A malha de pontos é a superfície horizontal situada a 0,75 m acima do plano do piso, que caracteriza o plano de trabalho (Figuras 21 e 22). Para inserir a malha de pontos no programa de simulação se faz necessário que estas estejam em um arquivo txt. Para isso foi utilizado o programa TextPad 4.

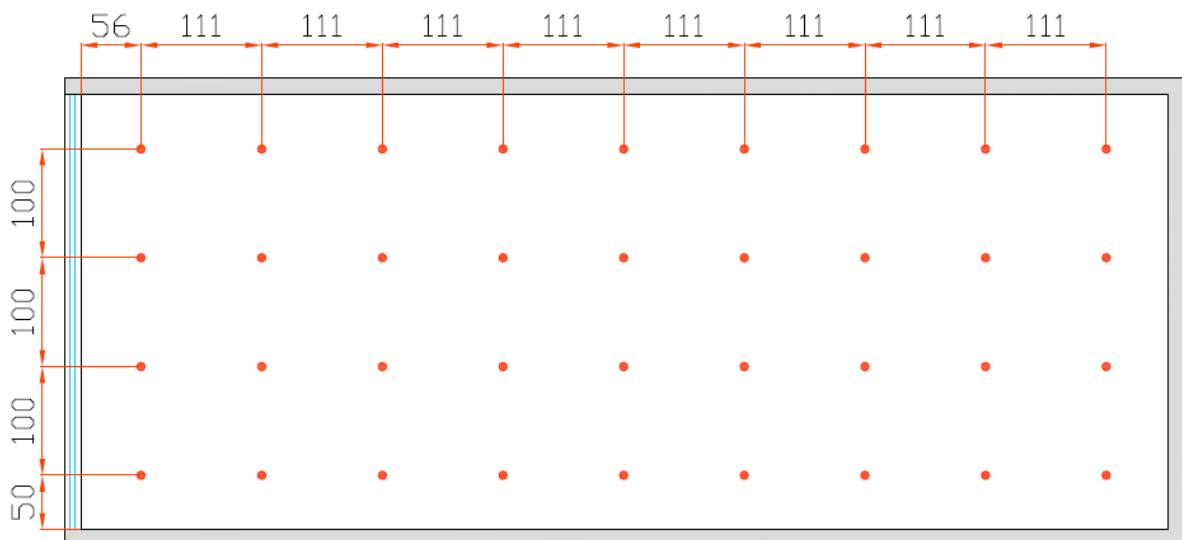


Figura 21: Modelo de Malha de Pontos para PAF 25%

¹³ Os dados de refletância dos materiais, gerados pelo Daysim – Radiance, devem ser importados da biblioteca do Daysim para a biblioteca do SketchUp.

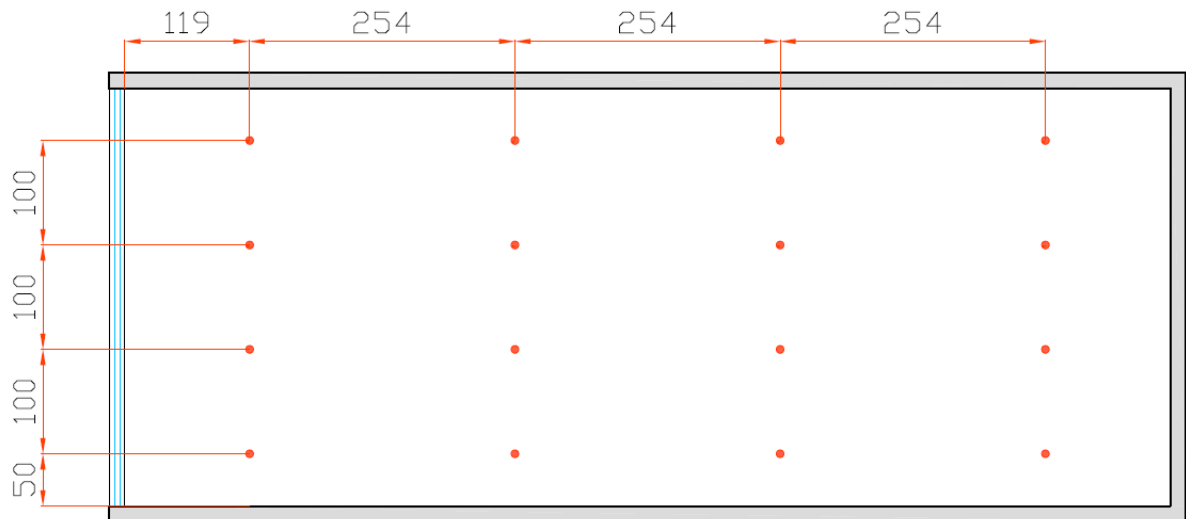


Figura 22: Modelo de Malha de Pontos para PAF 50% e 75%

Em seguida, foram feitas as simulações de iluminação natural de todos os 10 modelos que totalizou 111 simulações dentro do programa Daysim.

Por se tratar de edifícios de escritório, foi adotado o nível de iluminância médio recomendado pela NBR 5413 de 500 lux.

3.3. Terceira Etapa

3.3.1. Avaliação dos Resultados

O programa DaySim fornece dados numéricos que precisam ser transformados em mapeamento falsecolor (cores falsas), Iso Daylight Autonomy (isoDA), que foi feito através do software WinSurf 7.0, que transforma os dados numéricos em mapeamentos falsecolor (cores falsas), proporcionando um melhor entendimento da distribuição da autonomia da luz natural dentro do ambiente.

Os gráficos de curva iso DA gerados para cada modelo, foram configurados segundo uma mesma escala de cores para diferenciar os percentuais de Daylight Autonomy, como na Figura 23.

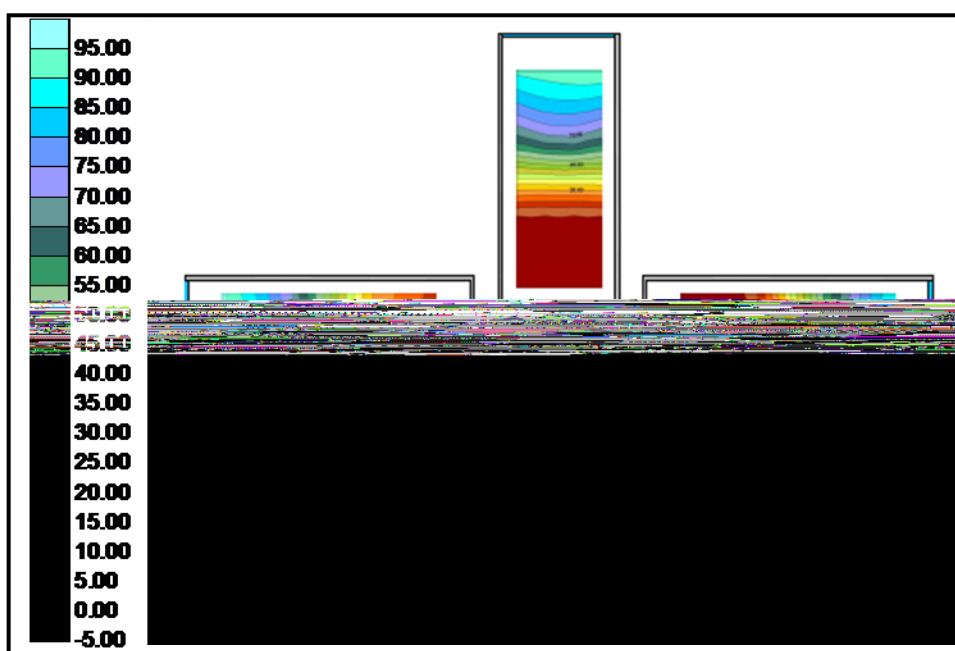


Figura 23: Escala de Cores e exemplo de isoDA. Fonte: Winsurf 9.0 e AutoCAD

Os valores de isoDA foram divididos em intervalos de 20 em 20 e foram calculadas as suas respectivas áreas através do programa AutoCAD. Desta forma pôde-se fazer uma porcentagem das áreas de isoDA em relação à área da sala. Essa porcentagem foi transformada em gráficos e tabelas para a análise dos resultados (ver Figura 24).

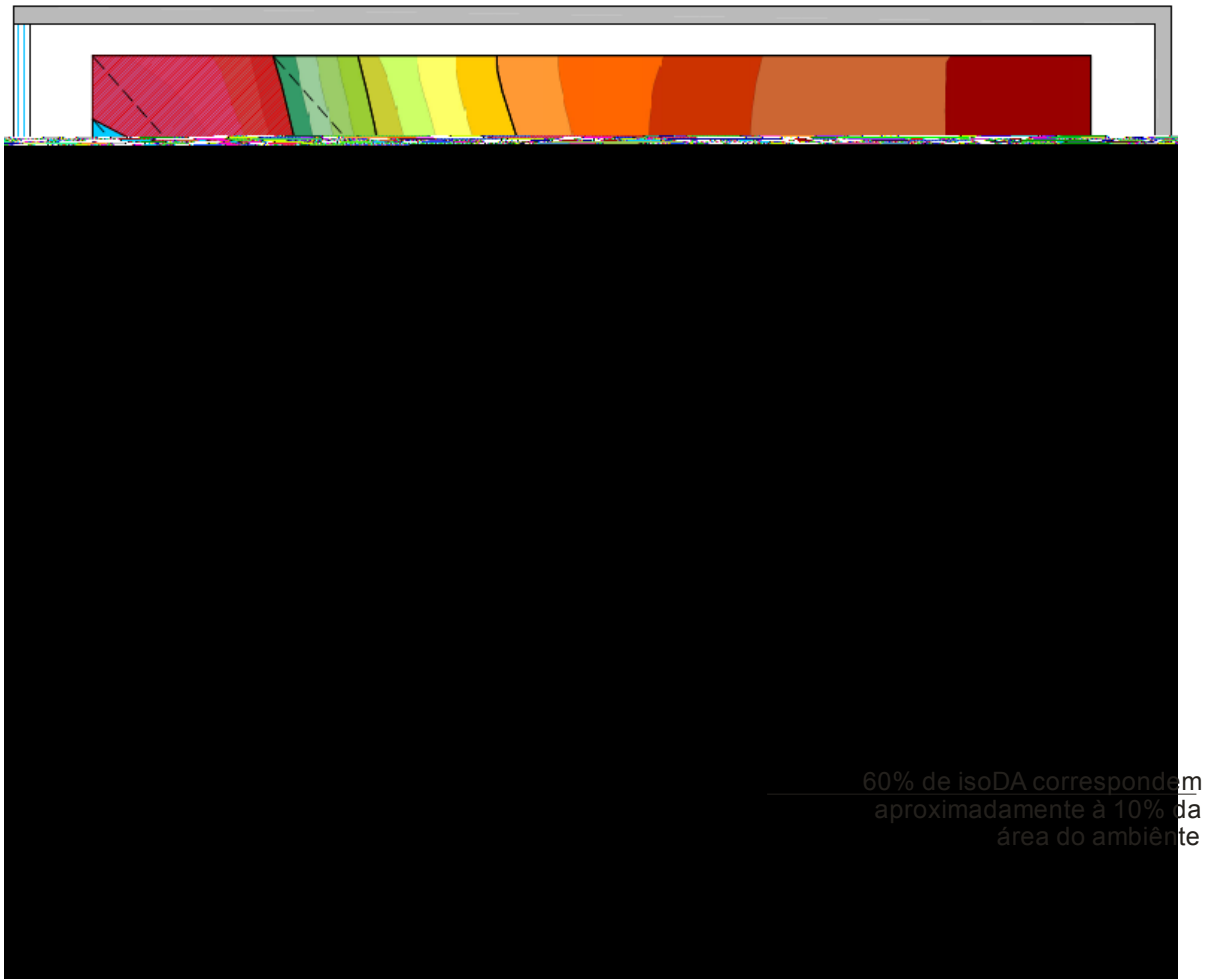


Figura 24: Relação da área de isoDA comparado a área do ambiente

Essa relação da área de isoDA e a área do ambiente proporcionou gráficos comparativos de ambientes com e sem protetores solares, conforme exemplo na Figura 25.

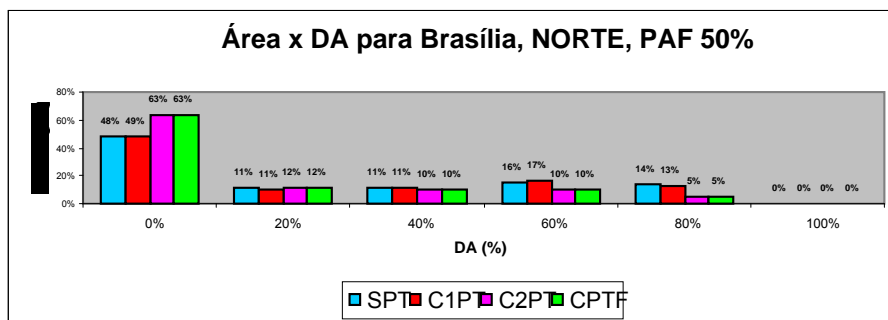


Figura 25: Modelo de gráfico comparativo da área versus DA para ambientes com e sem protetores solares.

Capítulo 4

Resultados e Discussão

4. Introdução

Após simulações dos modelos propostos, este Capítulo apresenta os resultados e análises do comportamento da luz natural com o uso das métricas dinâmicas de Daylight Autonomy (DA), indicando a porcentagem das horas de ocupação por ano em que a iluminância adotada como referência para o trabalho proposto (500lux) é atingida somente com a luz natural

Métodos gráficos com curvas ISO Daylight Autonomy (isoDA) são utilizados para melhor ilustrar as análises, relacionando a porcentagem de áreas existentes com um determinado valor de DA.

Através dos modelos foi possível analisar o comportamento da luz natural e o impacto das diferentes variáveis: orientação, latitudes, percentual de abertura na fachada (PAF) e tipos de protetores solares.

4.1. Análise Modelo 01 – Protetor Vertical – Brasília

Dentre os modelos simulados para PAF 50% NORTE percebeu-se que o comportamento da luz natural decorrente ao uso de protetor solar único (C1PT), não teve uma alteração significativa para DA, em relação ao modelo sem protetor solar (SPT). Já nos modelos C2PT e CPTF houve uma queda de 9% para os dois casos com valores de DA igual a 80% e queda de 6% para valores de DA de 60%, o que acarretou um aumento de área com 0% de DA na zona mais afastada da janela. Para esses dois casos foi possível perceber, através das curvas isoDA, que houve um aumento significativo no contraste entre a área próxima a abertura e a área afastada da abertura, configurando 63% da área da sala sem autonomia nenhuma de uso de luz natural no ano.

Para o comportamento da luz natural referente ao PAF 75% NORTE, decorrente aos modelos SPT, C1PT, C2Pt e CPTF, não houve alterações significativas para valores de DA, havendo até um pequeno incremento para DA de 40% e 60% (3% e 2% respectivamente). Esse aumento da área, para esses valores de DA, ocorreu por uma queda da autonomia da luz natural referente aos valores de DA de 80%, não gerando uma variação significativa nas curvas de isoDA entre os modelos. Para os três modelos de protetores, através das curvas isoDA os valores de DA igual a zero aumentaram cerca de 3% em relação ao modelo SPT.

4.2. Análise Modelo 02 – Protetor Horizontal – Brasília

No modelo 2 simulados para PAF 50%, percebeu-se que o comportamento da luz natural decorrente da comparação entre os modelos SPT e os modelos com protetores teve alterações significativas nos valores de DA e, também em suas curvas isoDA. Todos os modelos com protetores - C1PT, C2PT e CPTF - tiveram uma redução entre 2% a 7% nos valores de DA de 20%, 40% e 60%, ocasionando um incremento na área referente a valores zero de DA, diminuindo desta forma a profundidade de penetração da luz natural no ambiente. Para o caso C1PT, foi possível perceber, através das curvas isoDA, um aumento de 25% da área da sala com DA zero em relação ao modelo SPT. Para os modelos C2PT e CPTF essa porcentagem de área com DA zero em relação ao modelo SB foi, respectivamente, 20% e 16%.

No modelo 2 simulado para PAF 75%, percebeu-se uma semelhança no comportamento da luz natural referente aos modelos C1PT e CPTF. Sendo que o modelo C2PT permaneceu com, praticamente, todas as características do comportamento da luz natural encontrado no modelo SPT, apenas diminuindo 21% da autonomia da luz do dia no DA com valor a 80%, sendo distribuído para os outros valores de DA, sendo mais significativo para o valor de DA 0%, tendo um aumento de 14% em relação ao modelo SPT. Nas curvas isoDA, foi possível perceber, apesar do aumento de área sem autonomia de luz natural, que houve uma maior uniformidade no comportamento da luz, principalmente próximo a abertura, se comparado com o modelo SPT.

4.3. Análise Modelo 03 – Protetor Horizontal – Brasília

No modelo com PAF de 25% oeste, percebe-se que com a utilização de protetores, seja para qualquer um dos três modelos em estudo, ocorreu uma redução quase que total da autonomia da luz natural. Nenhum dos modelos de protetores solares propostos conseguiu atingir autonomia de luz para valores de DA entre 60% e 80%. O modelo CPTF teve o pior resultado, atingindo 94% da área com autonomia zero da luz natural, chegando a uma diferença de 37% em relação ao modelo SB.

De acordo com as análises dos resultados para PAF 50% oeste, para os três modelos de protetores (C1PT, C2Pt e CPTF), foi possível perceber que para todos os modelos propostos existe um aumento por volta de 24% da área de sala sem autonomia de luz natural, totalizando em torno de 73% de área com DA igual a zero.

Para a análise dos resultados para PAF 75% oeste, percebeu-se que para valores de DA igual a 80% o uso de protetores, sejam C1PT, C2PT ou CPTF, teve uma redução em média de 17% da autonomia da luz natural para DA de 80% em relação a área iluminada SPT. Para DA de 60% houve, também, para os três protetores estudados: C1PTB, C2PT e CPtBF, uma redução em média de 6% da área iluminada SPT. Essas reduções para esses valores de DA, refletem diretamente nas áreas iluminadas para DA de 20% e 0%.

4.4. Análise Modelo 04 – Protetor Horizontal – Florianópolis

Para o modelo C1PT para PAF 50%, ocorreu um resultado para valores de DA igual a 80% muito diferente das outras situações em estudo, dando margem a dúvida sobre o resultado deste modelo. Desta forma, o modelo C1PT para PAF 50% foi desconsiderado. Os modelos C2PT e CPTF obtiveram resultados muito semelhantes quanto à distribuição da iluminação natural no ambiente. Houve uma redução de 5% da área, com autonomia de 20% e 80%, reduzindo, também, a área de autonomia de 60% e 40% por volta de 3%, refletindo no aumento de 16% da área com valor de DA igual a zero.

Nas simulações feitas para PAF 75% norte, o uso de protetores teve um melhor resultado que nos modelos feitos para PAF 25%. O modelo C1PT não obteve resultado similar ao modelo SPT, havendo aumento de 2%, na área para DA 80%. Os modelos C2PT e CPTF tiveram resultados semelhantes: redução de 10% da área de DA de 80% e 5% da área de DA60%. Refletindo, desta forma, em um aumento de 8% para DA igual a zero, 4% para DA 20% e 2% para DA 40%.

4.5. Análise Modelo 05 – Protetor Horizontal – Florianópolis

Para PAF 50% pode-se perceber uma homogeneidade nos resultados para os modelos com CPT e C2Pt. Eles obtiveram uma redução, bastante significativa, na autonomia de luz natural para DA igual a 80%, 39% da área da sala se comparando com o modelo SPT ficando com autonomia zero para esse valor de DA, podendo

também observar a mesma característica para o modelo CPTF. Essa característica pode ser entendida com a análise das curvas isoDA pois, com o uso dos protetores, houve uma redução no resultado da autonomia na área oposta a abertura, em decorrência da radiação solar direta que foi bloqueada. A proteção solar aumentou a área que não tem autonomia de luz natural em 46% a mais que o modelo SPT.

Para a análise dos modelos com PAF 75% foi desconsiderado o modelo C2PT por ter gerado um resultado muito discrepante dos demais. Diante disso, pode-se perceber que, para essa orientação e para essa área de abertura, o modelo CPTF teve resultados melhores se comparados com o modelo CB, ficando praticamente equiparado com o modelo SPT.

4.6. Análise Modelo 06 – Protetor Horizontal – Florianópolis

Para os modelos C1PTB e C2PT, para PAF 25%, houve uma redução da autonomia da luz para o valor de DA 0% em 100% da área da sala. Somente existiu uma melhora, pouco significativa, para área próxima a abertura com o modelo CBF, apenas 4% no valor de DA 20%. Essa característica do comportamento da luz natural com relação ao uso dos protetores deu-se por causa do PAF baixo, o que foi notado, também, nas outras zonas bioclimáticas.

Para PAF 50% oeste, foi possível perceber uma homogeneidade nos resultados para os modelos em relação ao modelo SPTB com DA igual a 40% e 60%. Para a autonomia da luz natural em 80% do ano, todos os modelos tiveram uma queda em média de 6% da área do ambiente. Analisando a área onde a autonomia é zero, foi percebido que houve um aumento de 19% para modelo C1PT, podendo ser observado nas curvas isoDA que esse resultado deixou um contraste muito acentuado entre a área próxima a abertura e o fundo da sala. Essa predominância de área com DA igual a zero se repete de forma semelhante para os modelos C2PT e CPTF, tendo um aumento de 14% da área com autonomia zero.

Com o aumento do PAF para 75% foi possível perceber um aumento na autonomia da luz natural no ambiente, em relação aos dois modelos anteriores. O modelo CPTF teve um aumento de 6% para DA de 40% em relação ao modelo SPT, o que, conseqüentemente, fez com que a área para DA de 60% e 80% diminuísse, ao ponto de se tornar zero para o último valor de DA. Mesmo tendo uma porcentagem de área com autonomia em praticamente todos os índices de DA, foi possível perceber que o modelo C1PT teve o pior resultado dentre os modelos,

umentando muito o contraste entre a área próxima a abertura e a área ao fundo da sala, tendo 71% de área sem autonomia nenhuma da luz natural no ano, bem semelhante com os modelos simulados para PAF 50%, anteriormente analisados.

4.7. Análise Modelo 07 – Protetor Horizontal – Maceió

Para PAF de 25%, não foi muito alterado, com exceção do modelo C2PT que, através da refletância do protetor, pode gerar uma pequena área de autonomia de 80%, que chega a ser irrelevante diante da profundidade do ambiente. Percebe-se que os resultados, mesmo do modelo SPT, foram muito ruins. Esse contraste que foi visto, através das isoDA e dos índices de autonomia bem inferiores, ocorreu devido ao percentual de abertura da fachada ser pequeno.

Para a análise dos modelos com PAF 50% norte, foi desconsiderado o modelo C1PT, por ter gerado um resultado muito discrepante dos demais. Dentre os resultados gerados pelos modelos C2PT e CPTf, observou-se uma homogeneidade em relação ao modelo SPT, tendo apenas um aumento em média de 3% na área com autonomia igual a zero, não acarretando mudanças significativas no comportamento da luz natural com o uso dos protetores.

Para a análise dos modelos com PAF 75% norte, foi desconsiderado o modelo CPTF por ter gerado um resultado muito discrepante dos demais. Para os outros modelos percebeu-se uma homogeneidade em relação aos resultados do modelo SPT, havendo uma redução de 4% e 8%, modelos C2PT e CPT respectivamente, para autonomia de 80%, implicando em um acréscimo para as outras áreas de DA.

Pode-se perceber que para PAF 25% o impacto dos protetores é pequeno, sendo para PAF de 50% e 75% esse impacto é maior com o uso dos protetores.

4.8. Análise Modelo 08 – Protetor Vertical – Maceió

Quanto à análise dos resultados da relação entre a porcentagem de área e o DA para a orientação sul com PAF 25%, foi possível observar que o modelo C1PT foi o que obteve melhor resultado, tendo um aumento em 16% de sua área de valores com DA de 80%, e diminuindo em 14% a área sem autonomia da sala. Essa diferença ocorreu visto à dimensão da abertura e do protetor vertical que, através da iluminação refletida, aumentou a profundidade de área com autonomia de luz natural no ambiente. Para o modelo C2PT percebeu-se que os resultados permaneceram os

mesmos do modelo SPT, o que não refletiu perda na distribuição da autonomia da luz natural no ambiente. Apenas o modelo CPTF teve uma perda na distribuição da autonomia da luz natural no ambiente, o que refletiu apenas nos DA de 60%, onde a perda foi de 11% da área. No DA de 0%, sem autonomia, houve um aumento exatamente igual, de 11%. Desta forma o modelo CPTF passou a ter autonomia da luz natural apenas em 40% e 20% do ano.

Para os modelos com PAF de 50% sul, percebeu-se que para o modelo C2PT a área de autonomia de 40%, 60% e 80% sofreu um aumento respectivamente de: 3%, 4% e 7%, o que acarretou uma diminuição da área sem autonomia para menos da metade da sala, 46%. Já os outros dois modelos C1PT e CPTF tiveram a mesma resposta diante da distribuição da autonomia da luz natural, aumentando 6% da área sem autonomia, que foi distribuída de forma regular na perda de área com autonomia para os outros resultados de DA.

Para a análise dos modelos com PAF 75% sul, foi desconsiderado o modelo C1PT por ter gerado um resultado muito discrepante dos demais. Dentre os outros modelos, C2PT e CPTF tiveram uma resposta muito parecida em relação à autonomia da luz natural, tendo variações de 1% em relação a alguns resultados. A maior diferença destes dois modelos em relação a distribuição da autonomia da luz se deu no DA de 0%, obtendo um resultado de 4% no aumento desta área.

4.9. Análise Modelo 09 – Protetor Horizontal – Maceió

Analisando os modelos com PAF 50% e orientação leste, foi possível perceber que todos os modelos com protetores perderam área no ambiente com autonomia de 80%, configurando uma perda de 6%. Obtiveram, também, um aumento de quase 20% na área com autonomia zero, o que acarretou, para mais de 70% da área da sala, a necessidade do uso de iluminação artificial para todo o tempo de uso da mesma.

Para ambiente com orientação leste e PAF de 75%, foi possível verificar que o modelo CPTF obteve um aumento de 25% de sua área para DA com autonomia zero. Os outros modelos, para todos os valores de DA, tiveram um resultado bastante semelhante, verificando uma perda de autonomia nos casos de 80% e 60%, conseguindo manter apenas os índices para DA de 40%. Isso acarretou para os modelos CPTB e C2PT um aumento de 3% na área para DA de 20% e de 13% na área da sala sem autonomia da luz natural.

4.10. Análise Modelo 10 – Protetor Horizontal – Maceió

Para PAF 25%, para orientação oeste, demonstra que todos os protetores, utilizados nos modelos, tiveram um desempenho, quanto à autonomia da luz natural, muito ruim, tendo na maior parte da área das salas índices de autonomia zero acima de 60%. Dentre eles, no modelo CPTF foi verificada a perda total da autonomia da luz natural, em 100% de área com DA igual a zero. Mesmo tendo algumas diferenças, os outros dois modelos, C1PT e C2PT, tiveram grandes perdas de autonomia, podendo ser verificado também nas curvas de isoDA.

Nos resultados analisados para a cidade de Maceió para PAF 50% oeste, houve uma perda grande na autonomia da luz natural no ambiente, verificando, em todos os casos, mais de 60% da área com autonomia da luz natural igual a zero.

Para PAF de 75% oeste, os modelos C1PT e C2Pt tiveram resultados homogêneos para autonomia de 20%, 40% e 60%, com poucas alterações em relação ao modelo SPT. Para DA de 80% foi possível verificar que o comportamento do modelo CPTF teve uma perda de 24% da área de autonomia de luz natural, sendo que os modelos CPT e C2PT obtiveram uma perda de 18% de área de autonomia. Essa perda reflete, principalmente, no aumento da área com 0% de autonomia, ficando os modelos C1PT e C2PT, em média, com um aumento de 27% da área, o que acarreta um pouco mais da metade da área da sala. Para o modelo CBF, esse aumento na área com 0% de autonomia é de 39% da área do piso, ficando com quase 70% de área com necessidade de utilizar a luz artificial por todo o período de uso da sala.

4.11. Com relação à orientação

Orientação Norte

Com relação à orientação norte, verificou que os protetores em estudo, mesmo os C2PT e CPTF que obtiveram uma pequena queda na autonomia da luz natural, não provocaram alterações significativas para a autonomia da luz natural em relação aos ambientes SPT. Houve semelhança no comportamento da luz para as três cidades em estudo.

Orientação Sul

Para a orientação sul, não foi possível chegar a um parâmetro comum para o comportamento da autonomia da luz natural em relação aos protetores solares estudados devido aos diferentes resultados obtidos para cada percentual de

abertura na fachada e, não tendo como comparar entre as três cidades por ser uma orientação que necessitou de protetores apenas para a cidade de Maceió.

Orientação Leste

Com relação à orientação leste, percebeu-se a mesma característica no comportamento da luz natural para todos os modelos de protetores solares estudados, obtendo uma diminuição significativa na área de autonomia da luz natural do ambiente, aumentando desta forma 20% de área de DA igual a zero para todas as cidades em estudo, sendo a cidade de Florianópolis com PAF 50% o pior resultado, um aumento de 35% da área de DA igual a zero.

Orientação Oeste

Com relação a orientação Oeste, percebeu-se a mesma característica no comportamento da luz natural para todos os modelos protetores solares estudados, onde a autonomia da luz natural chegou a zero para DA de 80%, 60% e 40%, resultando um aumento de 35% ao DA igual a zero, se comparado com o ambiente sem protetor solar. Pode-se observar que em alguns casos houve um aumento de 100% na área de DA igual a zero para o caso de Florianópolis com PAF de 25% no caso C1PT e C2PT, e ainda obtendo o mesmo resultado a cidade de Maceió PAF 25% no caso CPTF.

4.12. Com relação ao tipo de protetor

Protetor solar horizontal - Brasília

Com relação ao protetor horizontal para a cidade de Brasília, verificou que apenas para a orientação leste e com protetor solar C2PT, pra PAF 75%, não ocorreu alteração significativa na autonomia da luz natural no ambiente, se comparado com o ambiente SPT. Na maioria dos modelos houve uma redução significativa da autonomia da luz natural com o uso de protetores horizontais, independente do tipo (C1PT, C2PT e CPTF) e da orientação (leste e oeste), chegando a um aumento de 20% da área de DA igual a zero

Protetor solar horizontal - Florianópolis

Para os casos de uso de protetores horizontais para a cidade de Florianópolis, verificou que apenas para a orientação leste e com protetor solar CPTF, pra PAF 75% e, para a orientação norte com protetor solar C1PT, para PAF 75% não ocorreu alteração significativa na autonomia da luz natural no ambiente, se comparado com o ambiente SPT. Na maioria dos modelos houve uma redução

significativa da autonomia da luz natural com o uso de protetores horizontais, independente do tipo (C1PT, C2Pt e CPTF) e da orientação (leste e oeste), sendo nos casos C1PT e C2PT na orientação oeste, para PAF 25% houve 100% de área de DA igual a zero.

Protetor solar horizontal - Maceió

Para os casos de uso de protetores horizontais para a cidade de Maceió, verificou que para a orientação norte não houve alteração significativa em relação a autonomia da luz natural se comparado com ambientes SPT. Para a orientação leste essa autonomia teve um aumento de 20% na área de DA igual a zero.

Protetor solar vertical - Brasília

Para os casos de uso de protetores verticais para a cidade de Brasília – verificou que os protetores únicos (C1PT), não houve alteração na autonomia da luz natural se comparado com ambientes SPT. Para os protetores C2PT e CPTF houve para PAF de 75% uma redução insignificante na autonomia da luz natural, podendo observar um aumento de 6% na área de DA igual a zero. Para os ambientes com PAF de 50% esse aumento da área de DA igual a zero chegou a 15%.

Protetor solar vertical - Maceió

Para os casos de uso de protetor vertical para a cidade de Maceió, não houve como identificar uma característica, pois este foi usado apenas para uma única orientação (sul), para PAF de 25% e cada um dos protetores, C1PT, C2PT e CPTF, obteve um resultado diferente.

Protetor solar misto - Maceió

Para os casos de uso de protetores misto para a cidade de Maceió, apesar de o ambiente C2PT para PAF de 50% ter tido resultado com uma pequena melhora, pode-se concluir que não obteve uma alteração significativa na autonomia da luz natural se comparado com os ambientes SPT.

4.13. Com relação ao percentual de área de abertura

PAF de 25%

Para PAF de 25%, o uso de protetores solares resultou em uma diminuição muito grande no DA, em relação aos resultados de ambientes sem protetores nas cidades de Brasília e Florianópolis, indicando, em sua maioria (100% das horas), valores DA igual a zero. Para a orientação sul, somente se verificou a necessidade de protetor para a cidade de Maceió, tendo o ambiente C1PT um

incremento de 16% da área de DA igual a oitenta em relação ao ambiente SPT, sendo que o ambiente C2PT permaneceu com praticamente a mesma autonomia do ambiente SPT e o ambiente CPTF demonstrou uma variação entre 10% à 50% de área de DA igual a zero.

PAF de 50%

Para PAF de 50%, o uso de protetores resultou, para as cidades de Brasília e Florianópolis, em um aumento entre 15% à 20% na área de DA igual a zero em praticamente todos os modelos de protetores solares quando comparados com os modelos SPT. Para a cidade de Maceió o uso dos protetores não alterou significativamente a autonomia da luz natural para as orientações norte e sul, em relação aos modelos SPT, sendo que as orientações leste e oeste, tiveram um aumento de 20% à 30% de área de DA igual a zero comparado com os modelos SPT.

PAF de 75%

Para PAF de 75%, o uso de protetores resultou, para as cidades de Brasília e Florianópolis, em aumento entre 10% à 20% de área de DA igual a zero em ambientes voltados para leste e oeste e, os voltados para norte, pode-se considerar que não houve redução da autonomia em relação aos modelos SPT, visto uma redução mínima da autonomia. Para a cidade de Maceió, apenas os ambientes com orientação Leste que obteve um aumento entre 10% à 20% da área de DA igual a zero e a orientação oeste que obteve um aumento de 30% de área de DA igual a zero, tiveram um resultado negativo, os voltados para norte, pode-se considerar que não houve redução da autonomia em relação aos modelos SPT, visto uma redução mínima da autonomia.

4.14. Com relação a geometria dos protetores

Protetor Solar Único - Brasília

Para os casos de uso de protetores solares únicos para a cidade de Brasília, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os casos houve uma aumento de mais de 20% em DA igual a zero. Além de uma perda de mais de 10% em DA igual a 80%. Essa característica não se repetiu para protetores solares únicos com orientação norte, pois este foi o único caso em que foi preciso usar protetores verticais, o que pode verificar que não houve quase nenhuma alteração em relação ao modelo sem protetor.

Protetor Solar Único - Florianópolis

Para os casos de uso de protetores solares para a cidade de Florianópolis, verificou uma queda na autonomia, de forma que para quase todos os modelos com protetor único houve um aumento de mais de 20% em DA igual a zero, sendo que para a orientação leste para PAF igual a 50% e, ainda, para orientação oeste para PAF 75%, esse aumento de DA igual a zero chegou a mais de 45% e, ainda com relação a DA igual a zero, na orientação oeste para PAF de 25% este teve 100% de DA zero. Uma perda entre 2% à 9% de DA igual a 80% pode ser observada para praticamente todos os modelos com protetor único, sendo apenas a orientação leste para PAF 50% que teve uma diminuição de DA igual 80% muito grande, 39%.

Protetor Solar Único - Maceió

Para os casos de uso de protetores solares para a cidade de Maceió, verificou uma queda na autonomia, de forma que para quase todos os modelos com protetor único, houve um aumento de mais de 20% em DA igual a zero. Em relação ao DA igual a 80%, pôde perceber que houve uma perda variando entre 8% à 18%. Apenas na orientação norte e PAF de 25% pôde perceber que, praticamente não houve alterações nos valores de DA.

Protetor Solar Duplo - Brasília

Para os casos de uso de protetores solares duplos para a cidade de Brasília, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os casos houve uma aumento de mais de 20% em DA igual a zero. Além de uma perda entre 8% à 17% em DA igual a 80%.

Protetor Solar Duplo - Florianópolis

Para os casos de uso de protetores solares duplos para a cidade de Florianópolis, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os casos houve uma aumento de mais de 13% em DA igual a zero. Apenas para o caso de PAF 25% para orientação oeste, houve uma perda da autonomia de forma que o resultado de DA igual a zero chegou a ser de 100% das horas. Para os casos de DA igual a 80% houve uma perda entre 8% à 13%.

Protetor Solar Duplo - Maceió

Para os casos de uso de protetores solares duplos para a cidade de Maceió, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os

casos houve uma aumento de mais de 13% em DA igual a zero. Além de uma perda de até 18% em DA igual a 80%.

Protetor Solar Filetado - Brasília

Para os casos de uso de protetores solares filetados para a cidade de Brasília, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os casos houve uma aumento entre 15% a 20% em DA igual a zero. Além de uma perda entre 9% à 20% em DA igual a 80%.

Protetor Solar Filetado - Florianópolis

Para os casos de uso de protetores solares filetados para a cidade de Florianópolis, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os casos houve uma aumento de até de 17% em DA igual a zero. Para os casos de DA igual a 80% houve uma perda entre 2% à 13%.

Protetor Solar Filetado - Maceió

Para os casos de uso de protetores solares filetados para a cidade de Maceió, verificou uma queda na autonomia, de forma que em praticamente todos os casos houve uma aumento entre 25% à 39% em DA igual a zero. Além de uma perda entre 9% à 24% em DA igual a 80%.

Capítulo 5

Conclusões e Considerações Finais

Através do software Daysim foi possível avaliar a influência dos protetores solares no comportamento da luz natural em edifícios de escritórios através da métrica dinâmica, Daylight Autonomy (DA), permitindo a análise da porcentagem da área de autonomia, dos diversos modelos de salas para um período de uso estipulados (das 8h às 18h).

O comportamento da iluminação natural, decorrente ao uso dos dispositivos de proteção solar, pode ser avaliado através de um Modelo Base, sem proteção, que serviu de referência para verificar, através da análise comparativa dos dados, os diferentes modelos dos protetores.

Para os modelos estudados, com as mesmas características de refletância interna e com diferentes formas de protetores e orientações, foi possível chegar a conclusões com relação à interferência da orientação, dos tipos de protetores solares, da área de abertura na fachada (PAF) e geometria dos protetores (C1PT, C2PT, CPTF) no comportamento da luz natural no ambiente.

Desta forma, pode-se afirmar que o comportamento dos protetores em relação à orientação, que somente a orientação norte teve uma resposta positiva em relação ao uso dos três tipos de protetores e, que a orientação oeste obteve a pior resposta na autonomia da luz com o uso dos protetores solares. Com relação ao tipo de protetor pode-se verificar que para protetores horizontais apenas para a cidade de Maceió, latitude menor, não ocorreu perda significativa com o uso dos protetores solares, exceto para a orientação oeste que para todas as cidades teve um resultado negativo. Para protetores solares verticais, pode-se perceber que não houve alteração significativa para as duas cidades que tiveram a necessidade deste tipo de protetor, podendo caracterizar que o uso de protetor vertical se comparado com o protetor horizontal se comporta melhor.

Para uma análise conclusiva em relação ao percentual de área de fachada (PAF), pode-se dizer que a pior situação, no que diz respeito a diminuição da autonomia, foi para PAF de 25% se comparado com as outras aberturas.

Com relação à análise da geometria dos protetores, não houve grandes diferenças entre o comportamento da luz natural com o uso de protetores únicos, duplos ou filetados, havendo sempre uma diminuição na autonomia, sendo que os filetados para Brasília e Florianópolis essa redução é um pouco menos significativa que para Maceió.

Desta forma pode-se concluir que cada latitude tem suas características bastante particulares e, que as cidades localizadas em latitudes menores tem uma resposta melhor ao uso dos protetores em relação ao aproveitamento da luz natural.

5.1. Limitações e Sugestões

As principais limitações encontradas no desenvolvimento desta pesquisa podem ser citadas a partir do estudo do software Daysim, que utiliza de outros três programas para auxiliar nos dados de entrada e na apresentação de resultados, o que exigiu muita dedicação para o entendimento da utilização de todos os softwares e para a análise dos dados gerados pelo Daysim. O tempo foi fator determinante para delimitações dos modelos, não sendo possível a variação dos índices de refletâncias internas, dos protetores e dos edifícios do entorno, minimizando a quantidade de zonas bioclimáticas brasileiras analisadas e a exploração de todos os dados avaliados pelo Daysim, com a economia de energia diante da autonomia do uso da luz natural.

A partir dos resultados obtidos e das limitações encontradas no decorrer da pesquisa, sugere-se para trabalhos futuros: estudos do comportamento dos protetores na influencia do comportamento da luz natural, para as outras zonas bioclimáticas; indicação de diretrizes de projeto para o uso dos dispositivos de proteção solar; análise da influência do consumo de energia, decorrente da perda da autonomia da luz natural, através do uso dos dispositivos de proteção solar.

Anexos

ANEXOS

Modelo 01 – Brasília

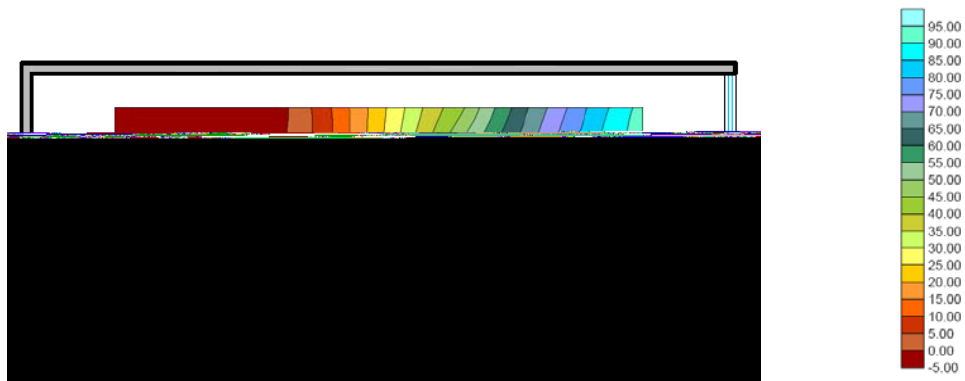


Figura 26: Modelo comparativo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 50%, Norte

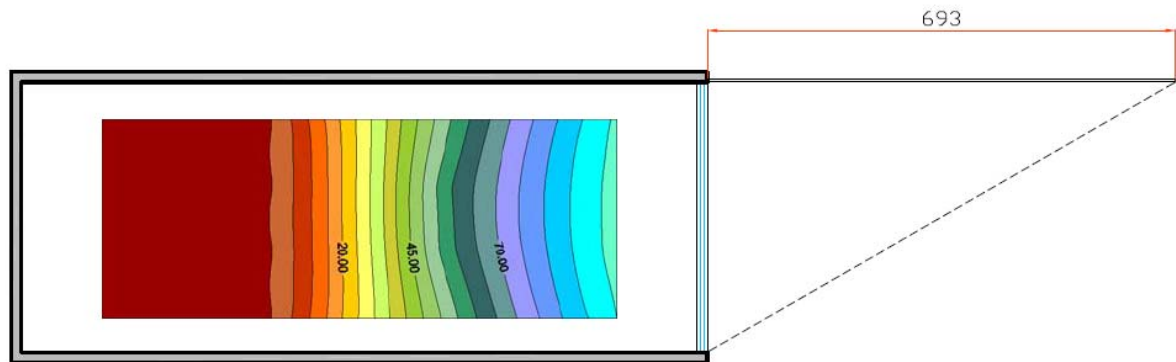


Figura 27: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Brasília, PAF 50%, Norte

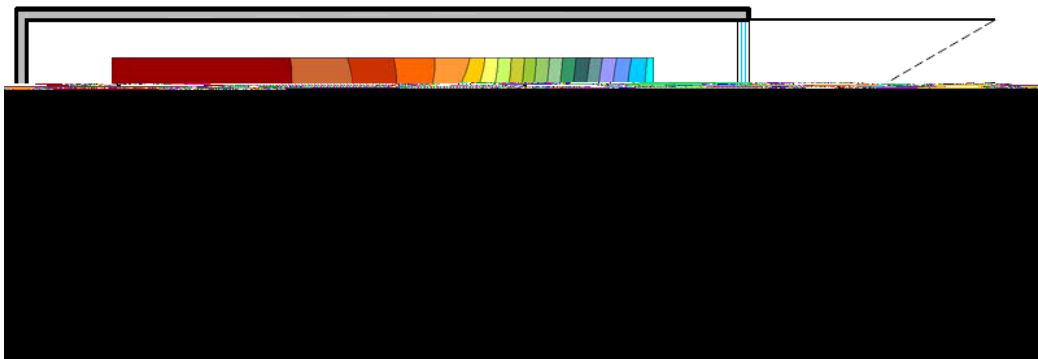


Figura 28: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 50%, Norte

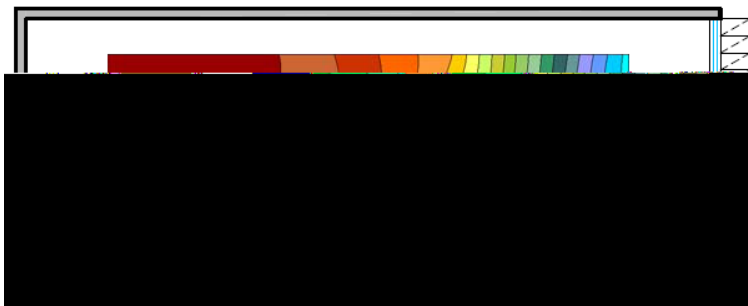


Figura 29: Modelo de curva isoDA com protetores solares filetados Brasília, PAF 50%, Norte.

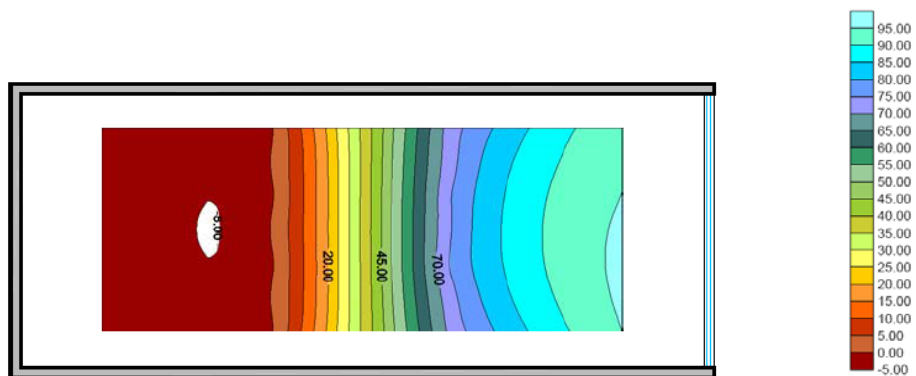


Figura 30: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 75%, Norte

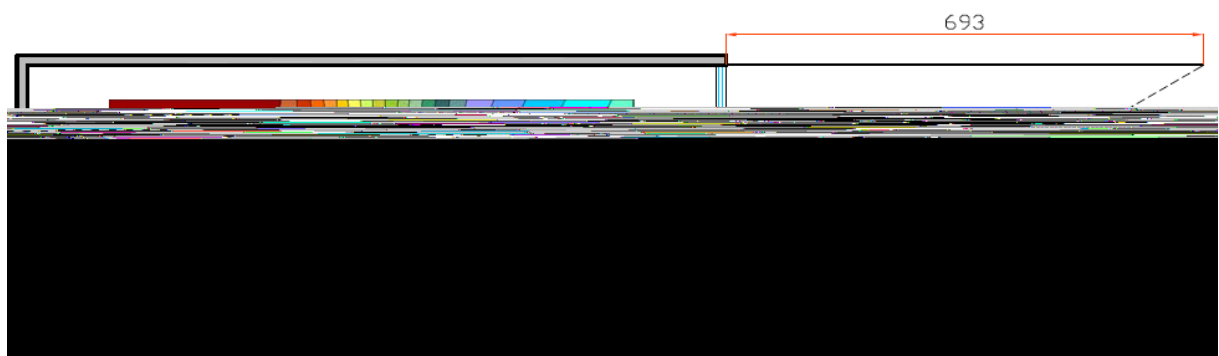


Figura 31: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Brasília, PAF 75%, Norte

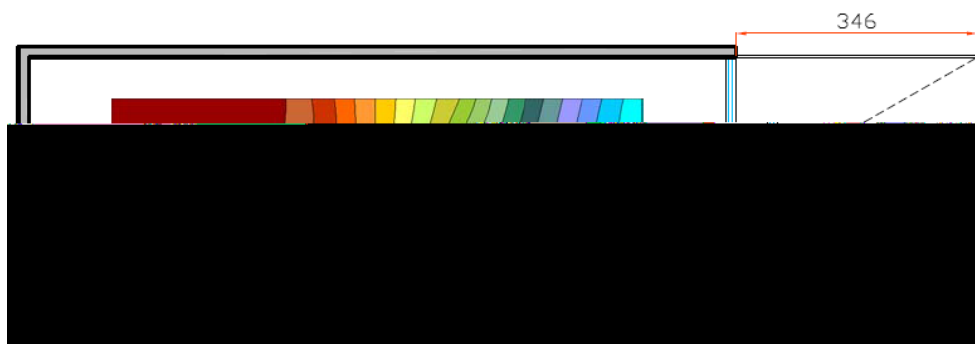


Figura 32: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 75%, Norte

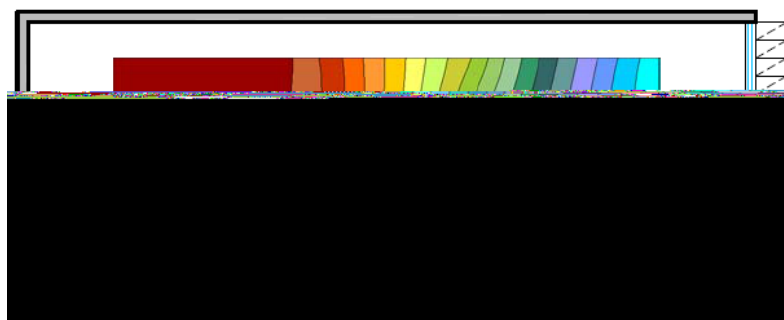


Figura 33: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Brasília, PAF 75%, Norte

Modelo 02 – Brasília

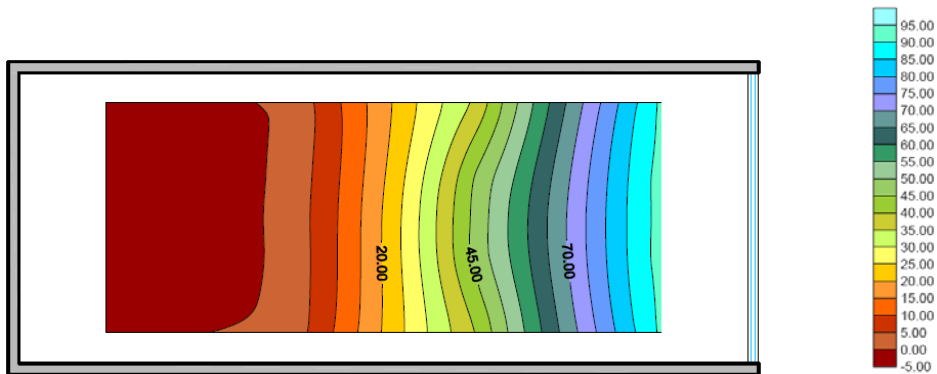


Figura 34: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 50%, Leste

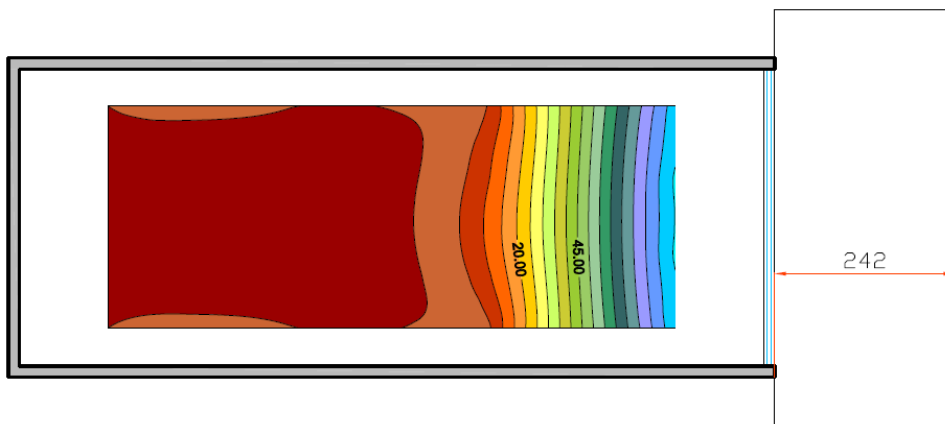


Figura 35: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Brasília, PAF 50%, Leste

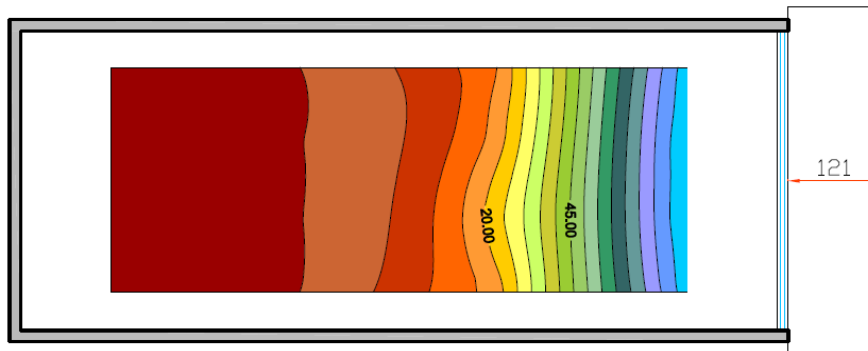


Figura 36: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 50%, Leste

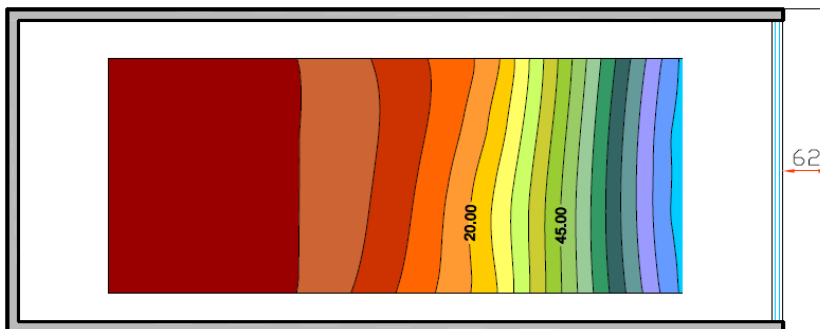


Figura 37: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Brasília, PAF 50%, Leste

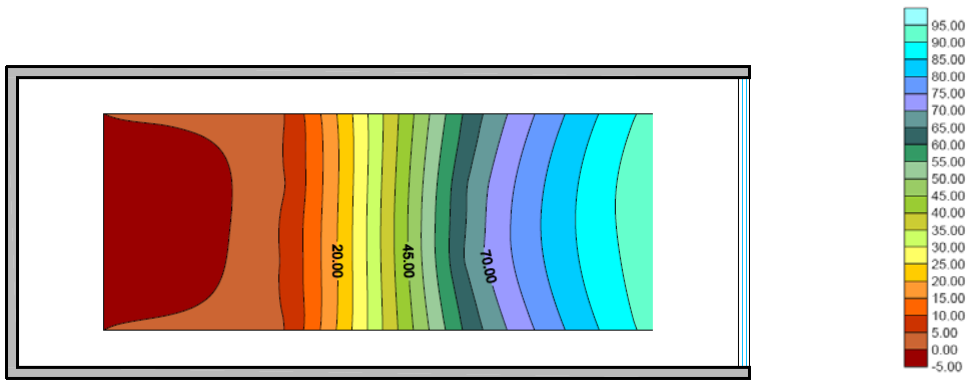


Figura 38: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 75%, Leste

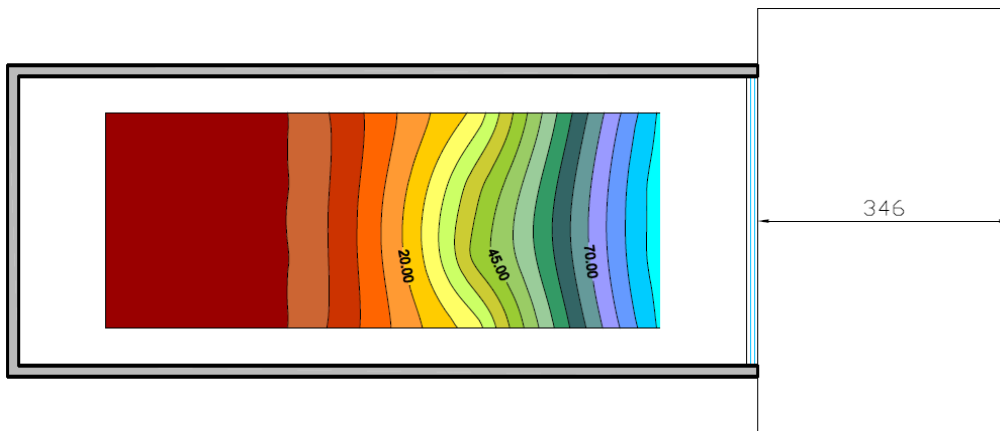


Figura 39: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Brasília, PAF 75%, Leste

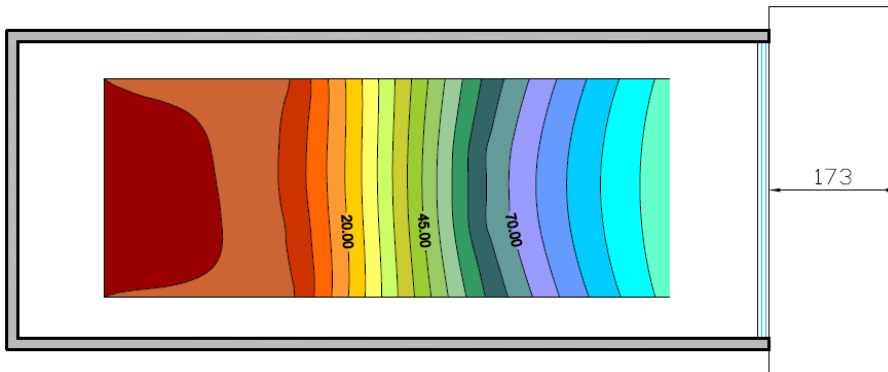


Figura 40: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 75%, Leste

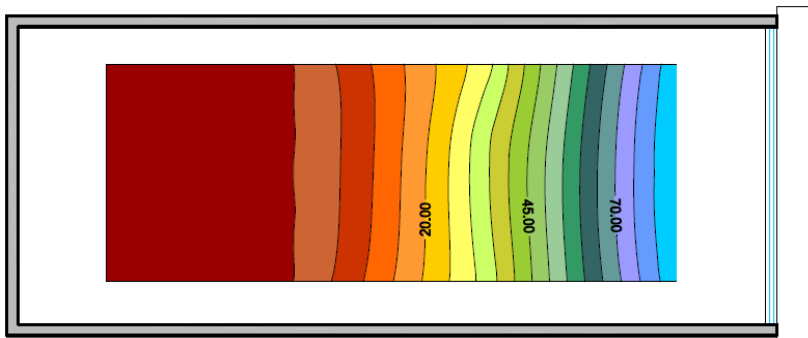


Figura 41: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Brasília, PAF 75%, Leste

Modelo 03 – Brasília

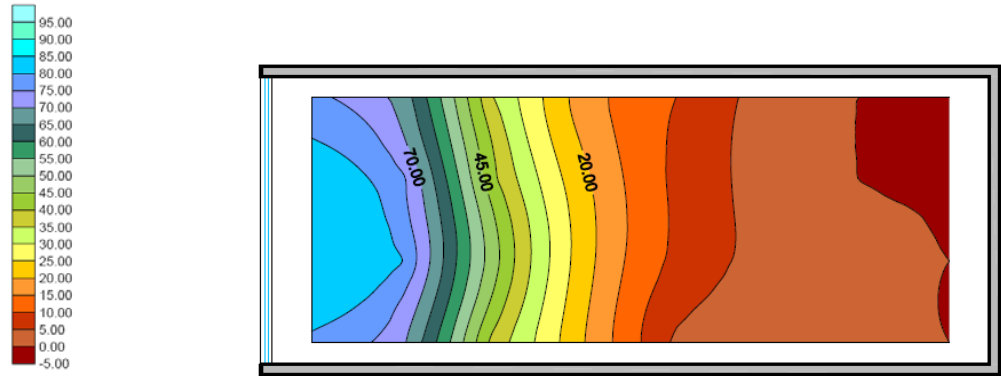


Figura 42: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 25%, Oeste

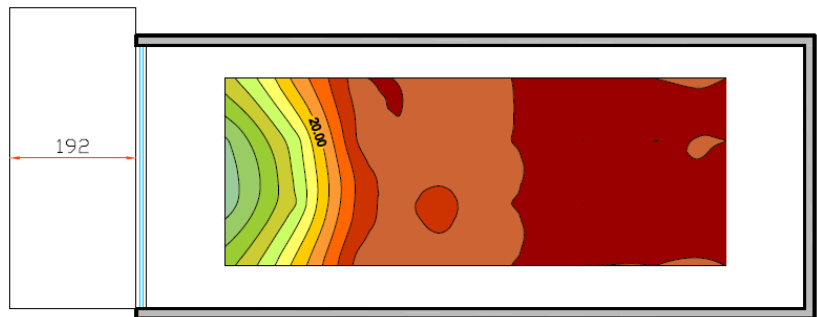


Figura 43: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Brasília, PAF 25%, Oeste

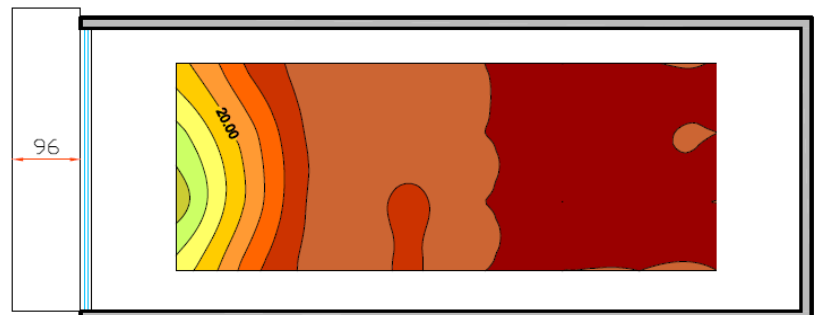


Figura 44: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 25%, Oeste

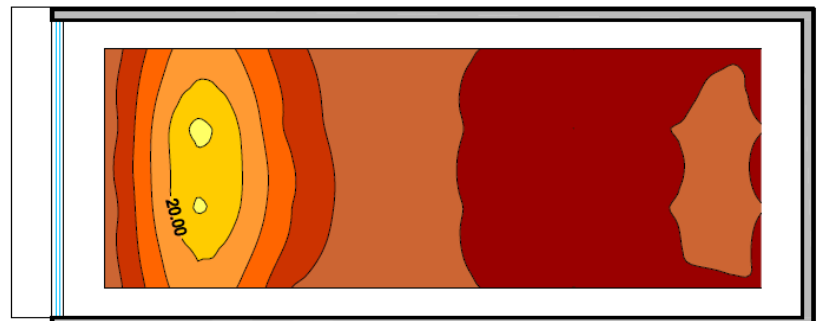


Figura 45: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Oeste, PAF 25%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com protetor único, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

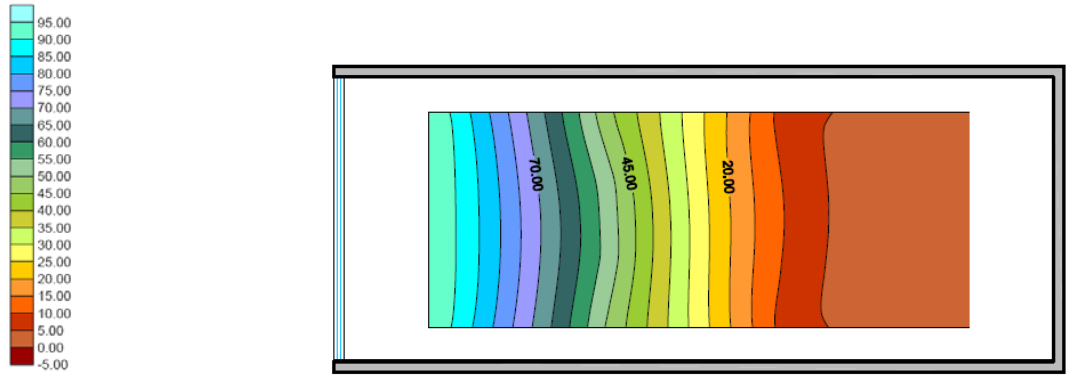


Figura 46: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 50%, Oeste

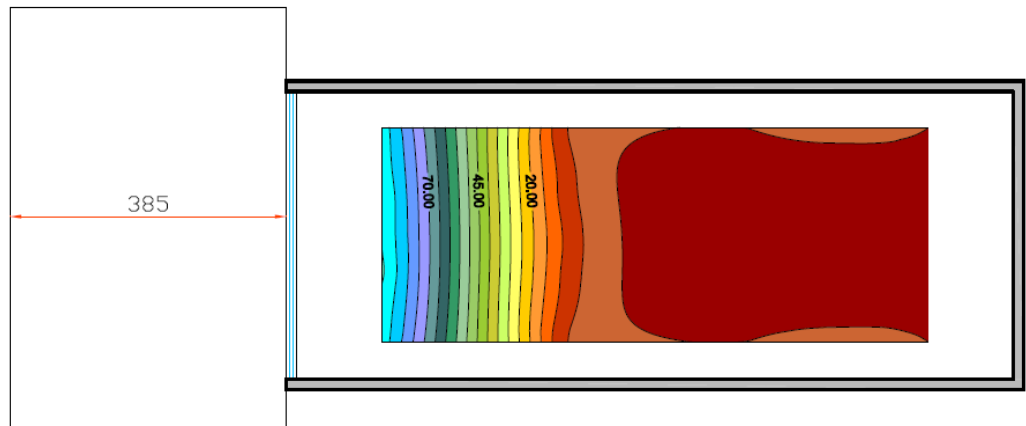


Figura 47: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Brasília, PAF 50%, Oeste

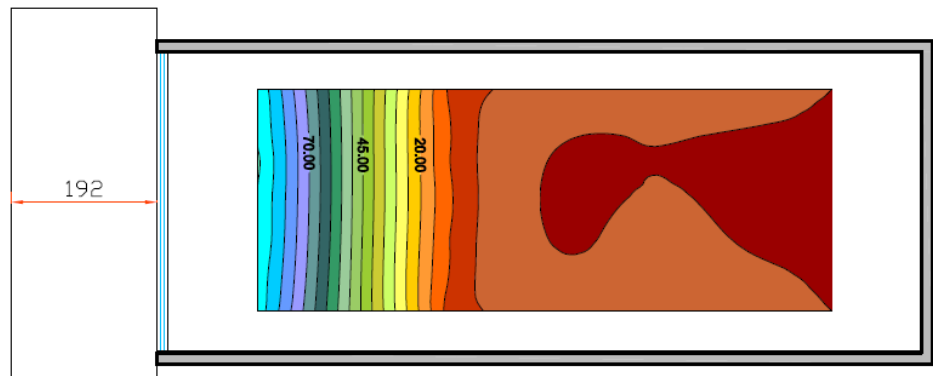


Figura 48: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 50%, Oeste

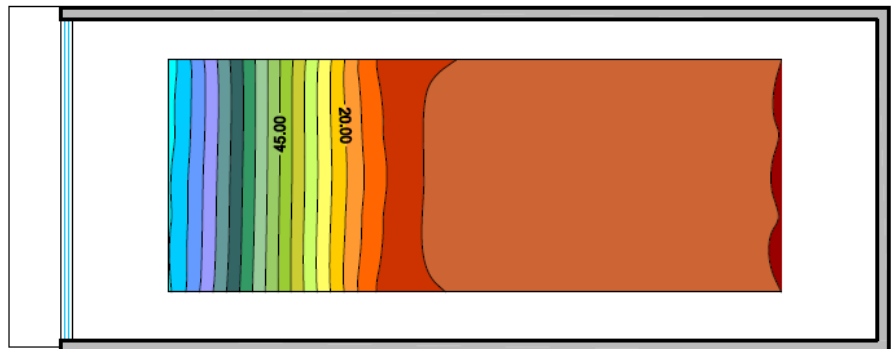


Figura 49: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Brasília, PAF 50%, Oeste

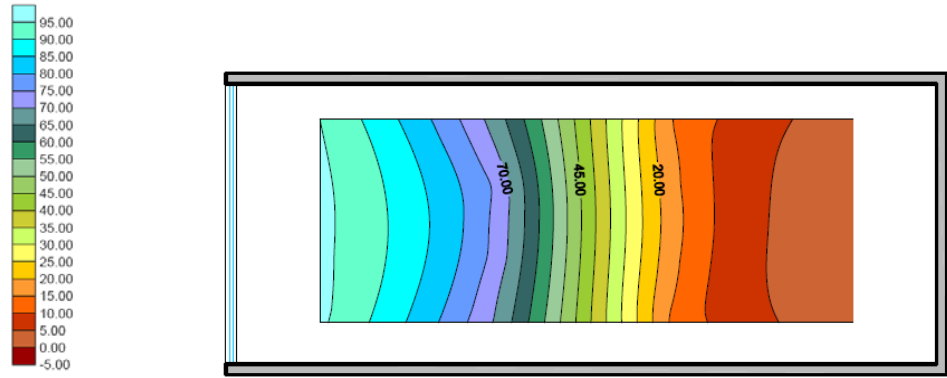


Figura 50: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Brasília, PAF 75%, Oeste

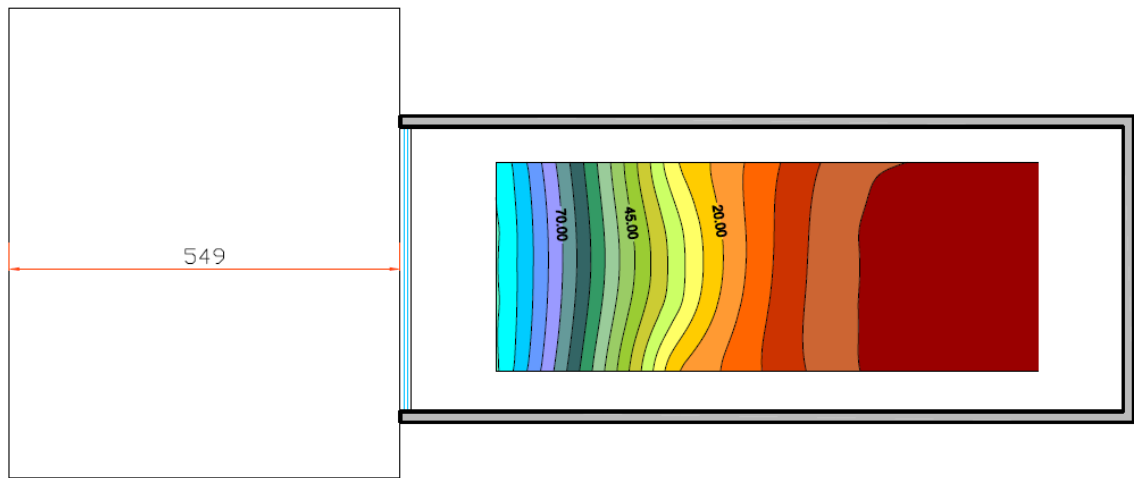


Figura 51: Modelo de curva isoDA protetor solar único Brasília, PAF 75%, Oeste

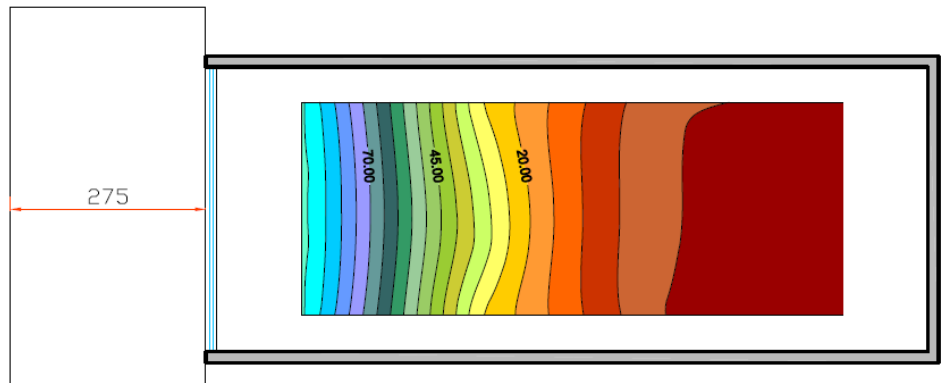


Figura 52: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Brasília, PAF 75%, Oeste

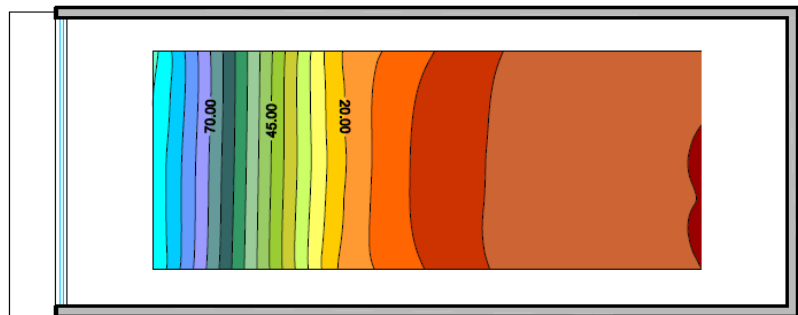


Figura 53: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Brasília, PAF 75%, Oeste

Modelo 04 – Florianópolis
PAF 50% - Norte

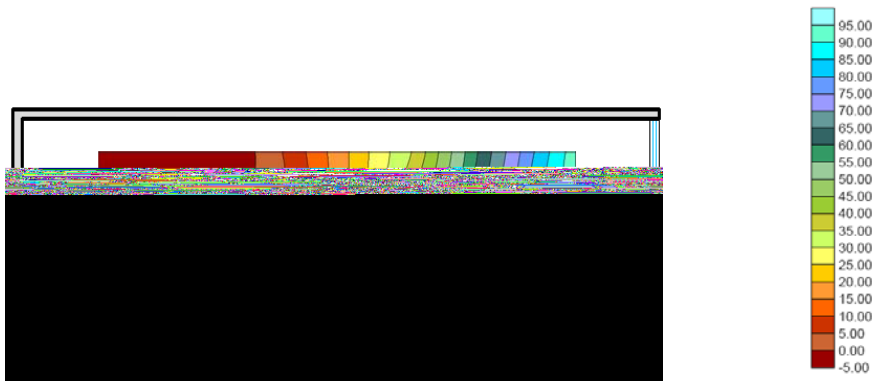


Figura 54: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 50%, Norte

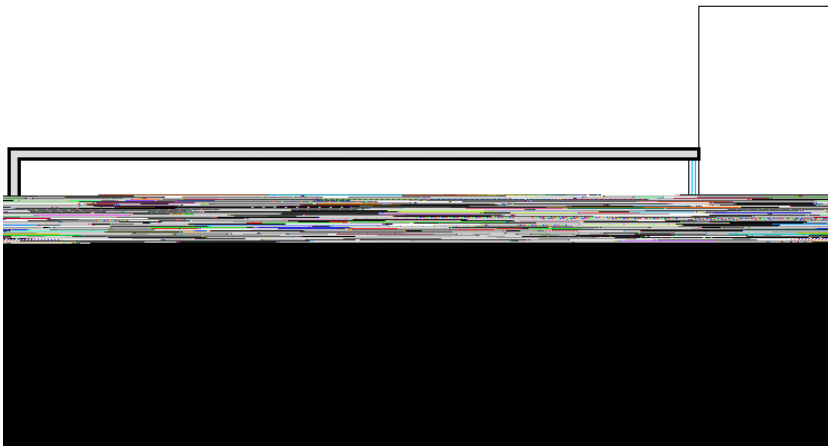


Figura 55: Modelo de curva isoDA protetor solar único Florianópolis, PAF 50%, Norte

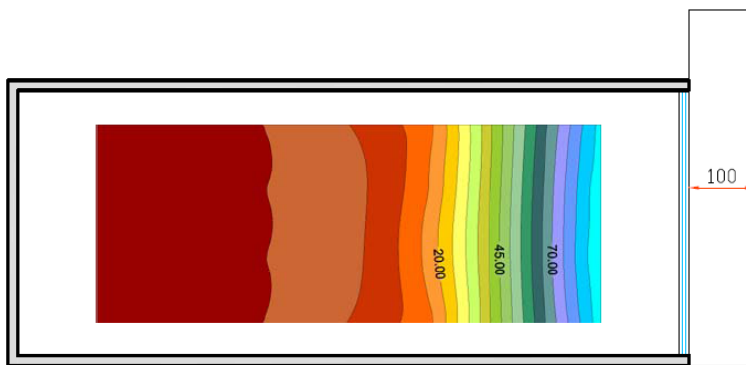


Figura 56: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 50%, Norte

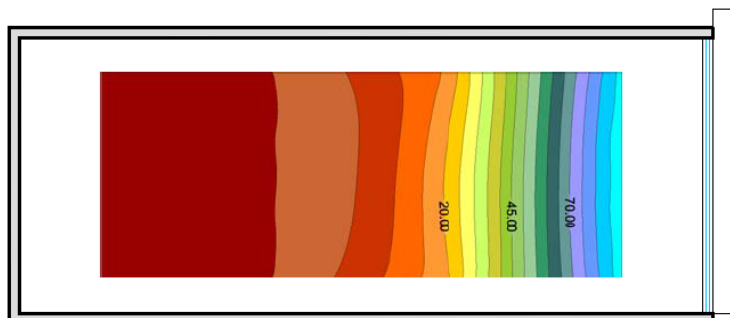


Figura 57: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 50%, Norte

PAF 75% - Norte

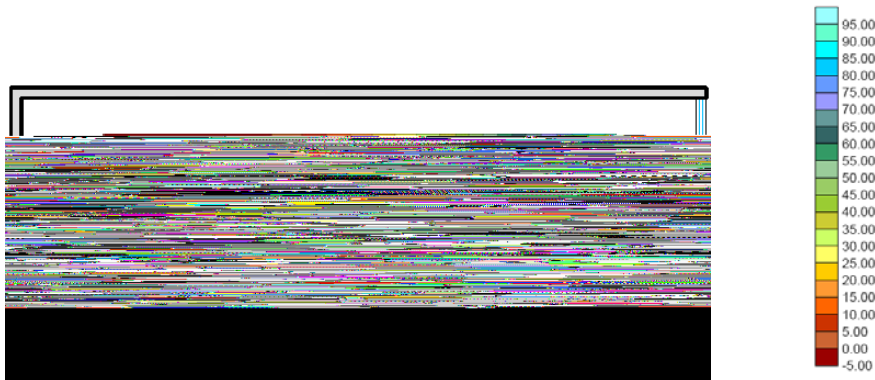


Figura 58: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 75%, Norte

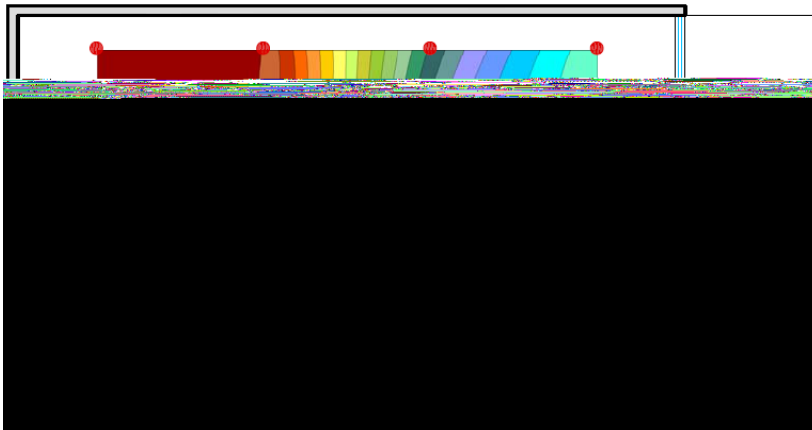


Figura 59: Modelo de curva isoDA protetor solar único Florianópolis, PAF 75%, Norte

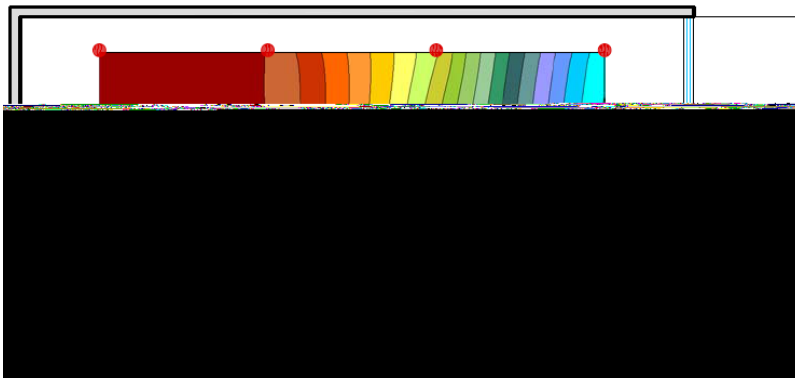


Figura 60: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 75%, Norte

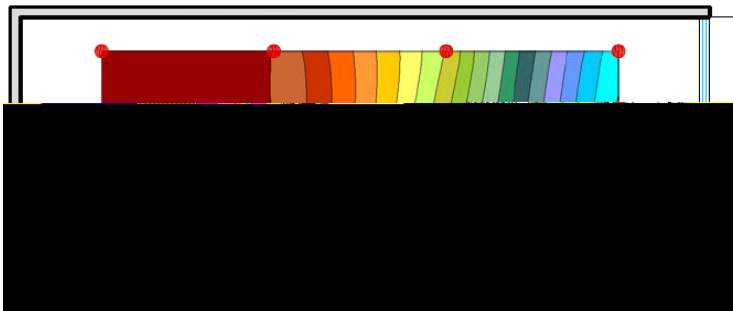


Figura 61: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 75%, Norte

Modelo 05 – Florianópolis
PAF 50% - Leste

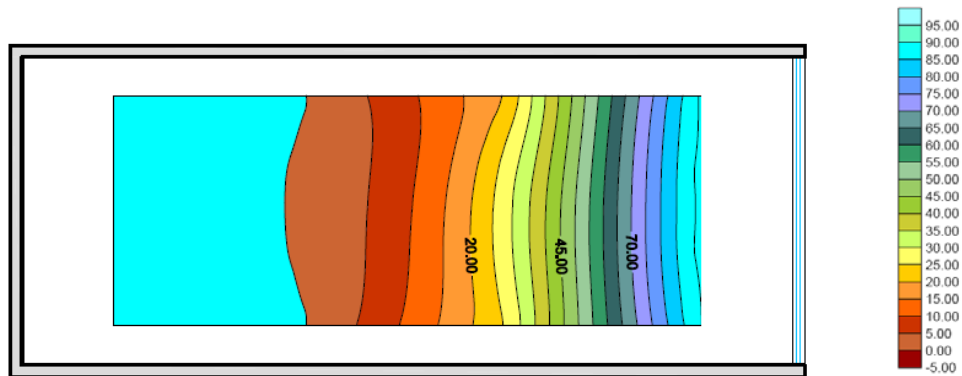


Figura 62: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 50%, Leste

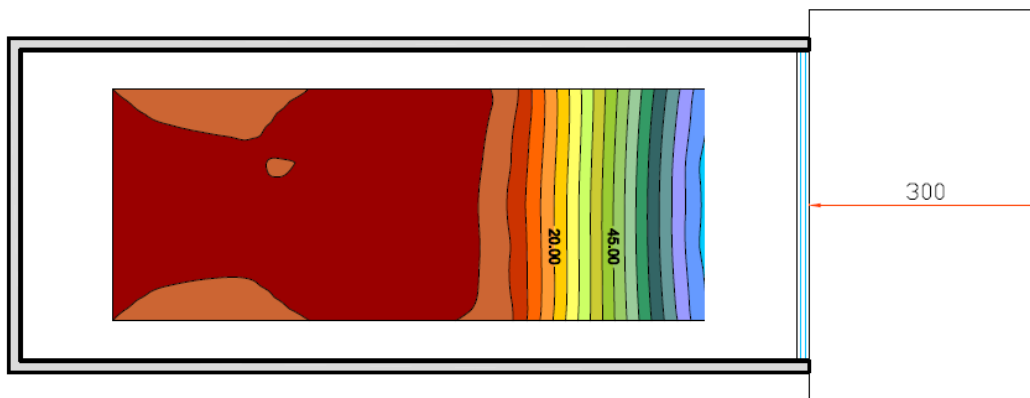


Figura 63: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Florianópolis, PAF 50%, Leste

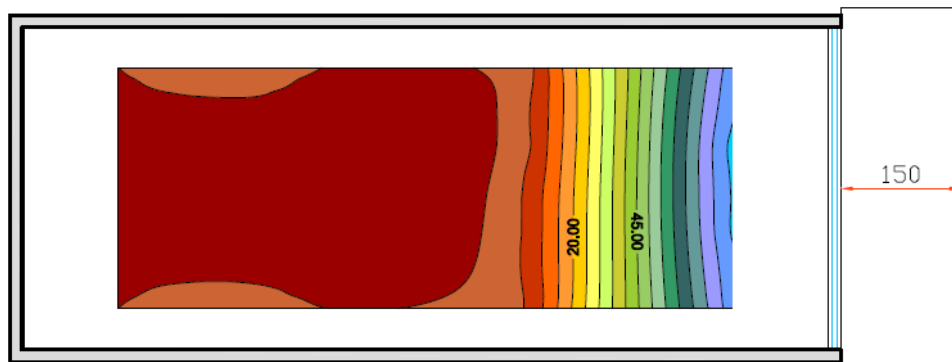


Figura 64: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 50%, Leste

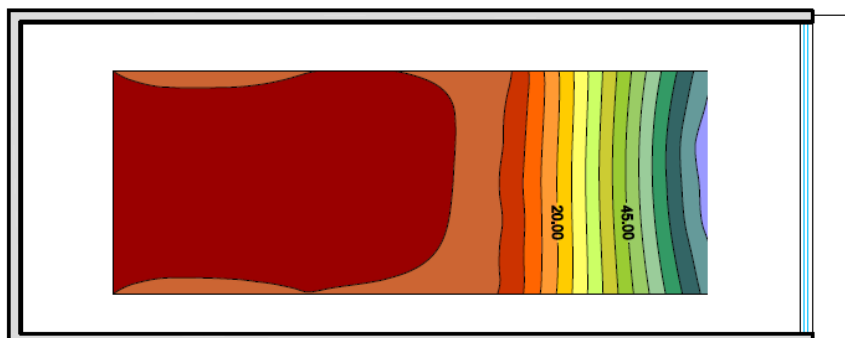


Figura 65: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Florianópolis, PAF 50%, Leste

PAF 75% - Leste

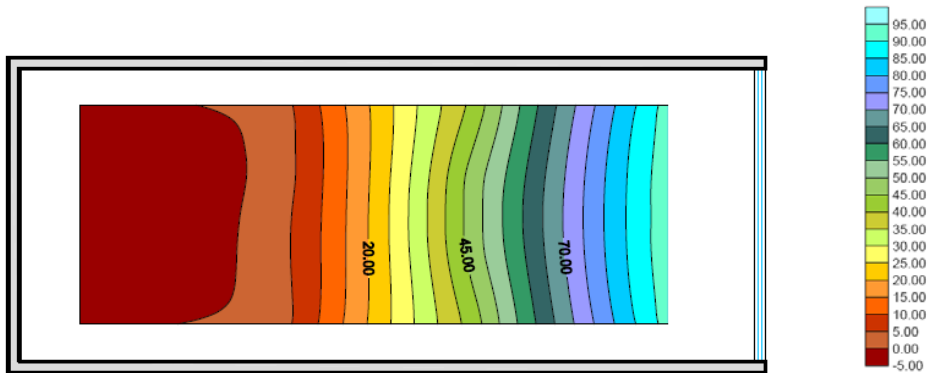


Figura 66: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 75%, Leste

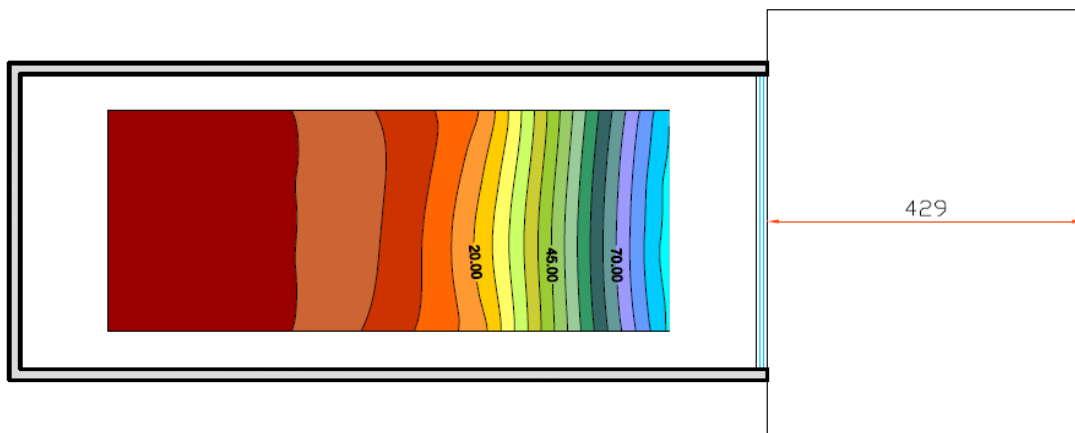


Figura 67: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Florianópolis, PAF 75%, Leste

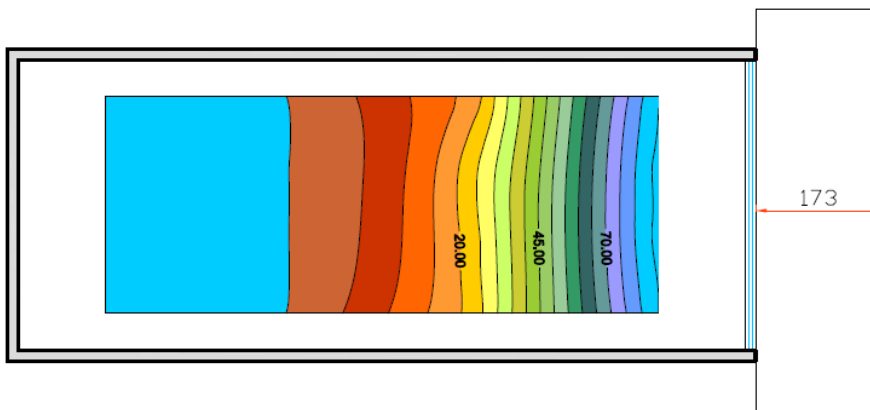


Figura 68: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 75%, Leste

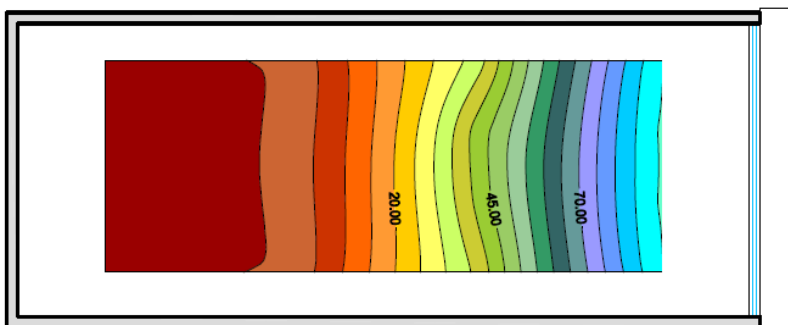


Figura 69: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Florianópolis, PAF 75%, Leste

Modelos 06 – Protetor Horizontal – Florianópolis

PAF 25% - Oeste

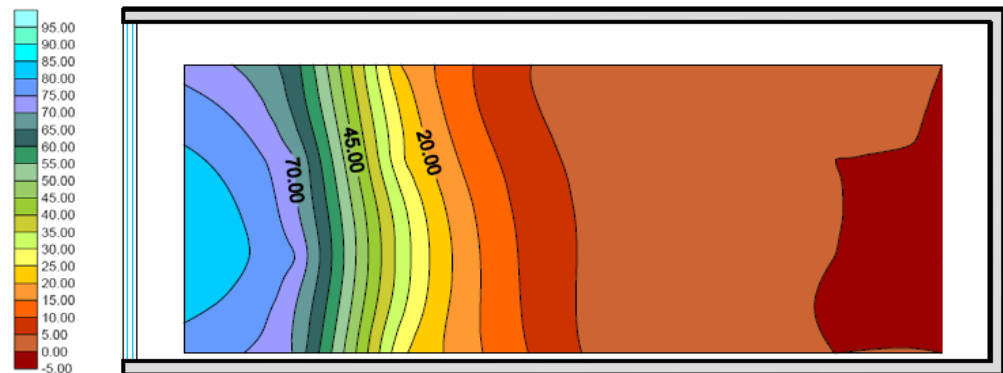


Figura 70: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 25%, Oeste

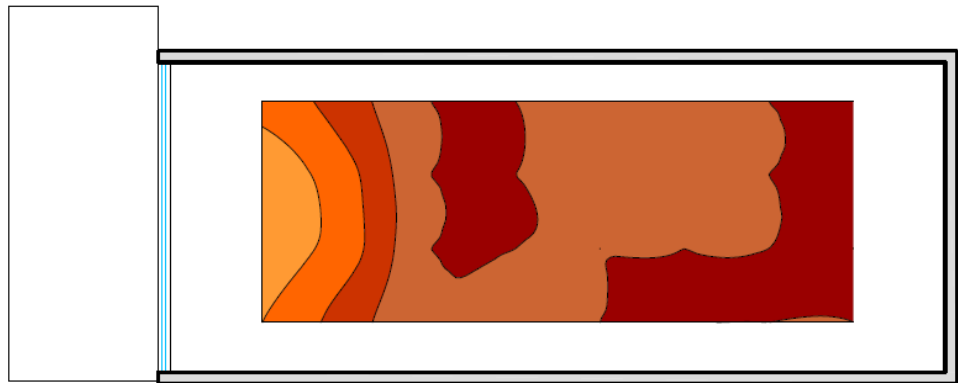


Figura 71: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Florianópolis, PAF 25%, Oeste

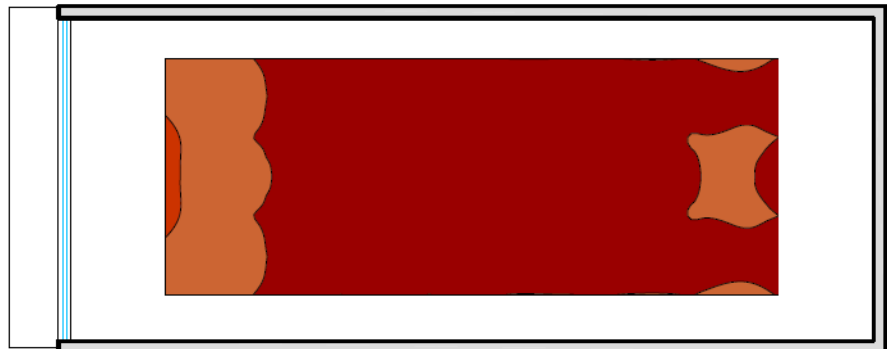


Figura 72: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 25%, Oeste



Figura 73: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Florianópolis, PAF 25%, Oeste

PAF 50% - Oeste

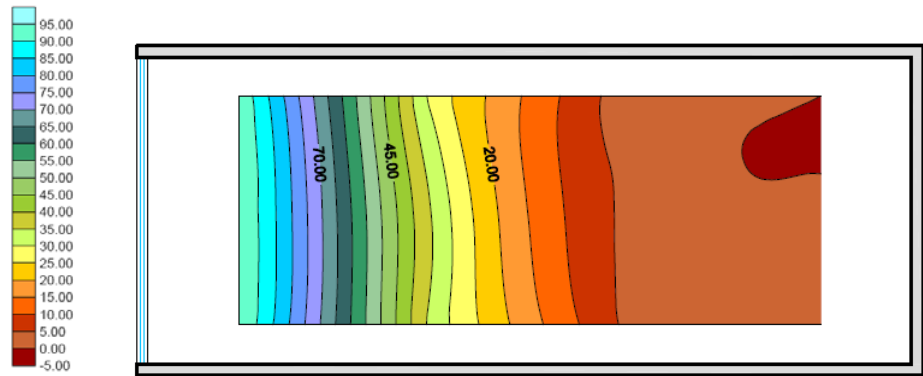


Figura 74: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 50%, Oeste

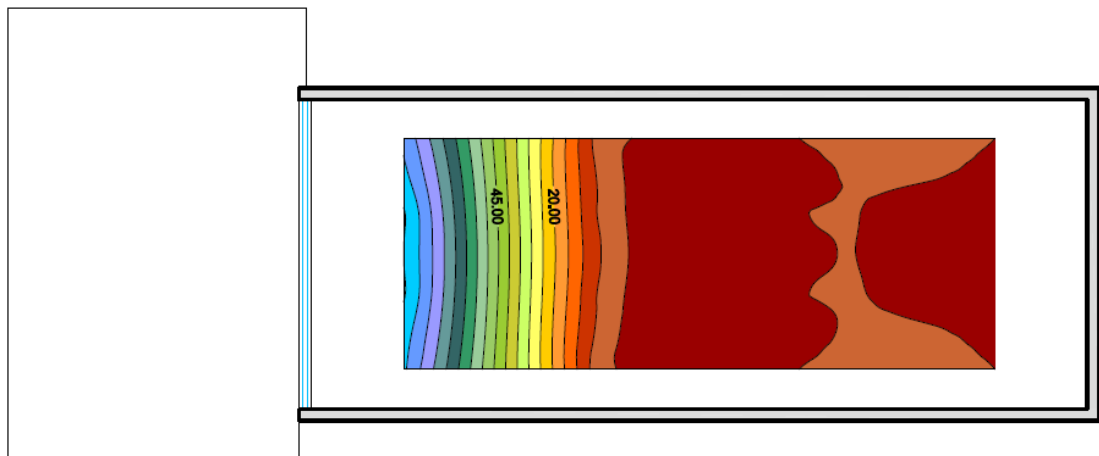


Figura 75: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Florianópolis, PAF 50%, Oeste

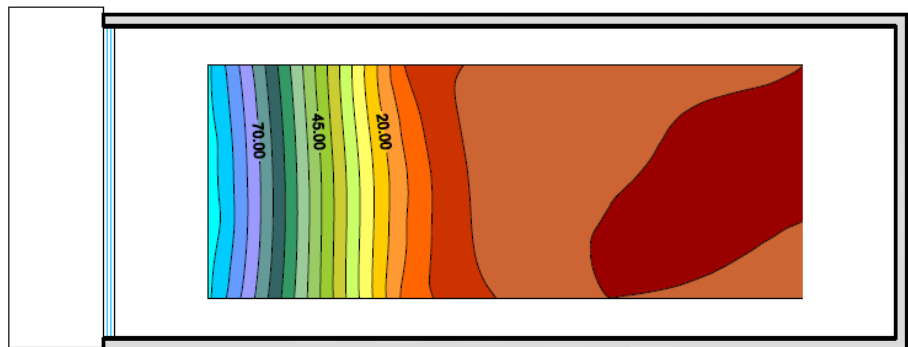


Figura 76: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 50%, Oeste

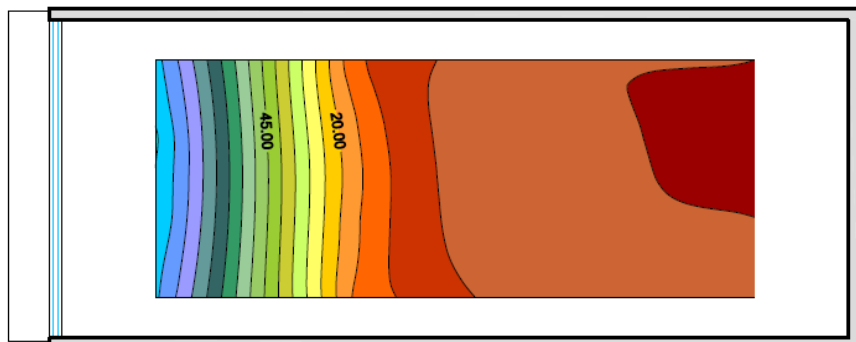


Figura 77: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Florianópolis, PAF 50%, Oeste

PAF 75% - Oeste

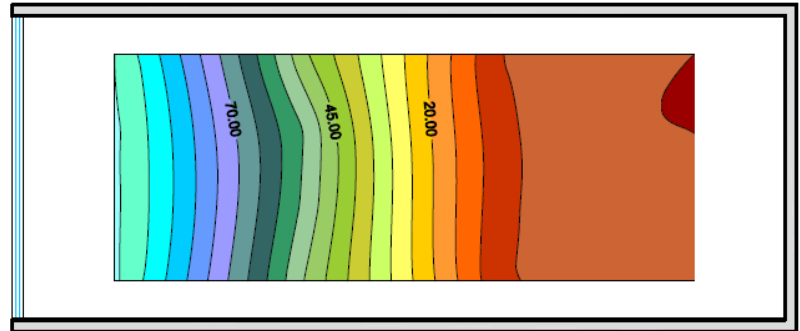
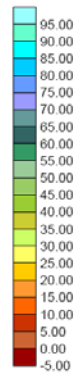


Figura 78: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Florianópolis, PAF 75%, Oeste

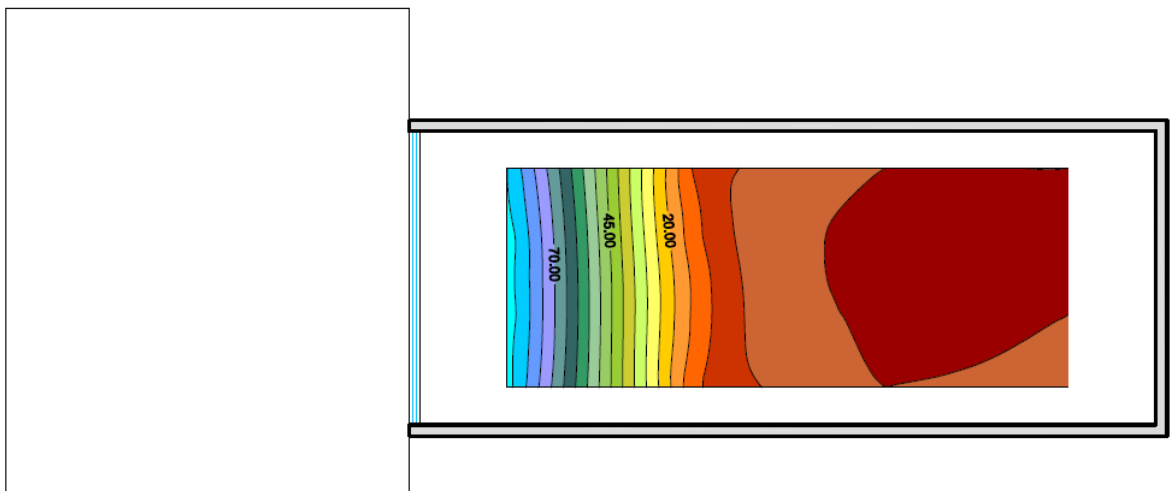


Figura 79: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Florianópolis, PAF 75%, Oeste

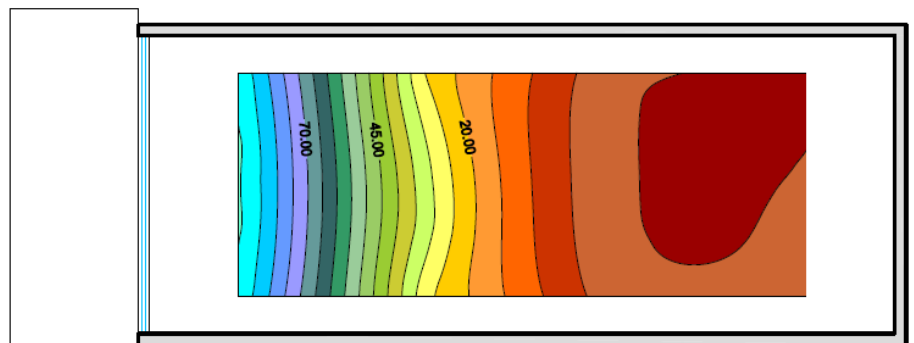


Figura 80: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Florianópolis, PAF 75%, Oeste

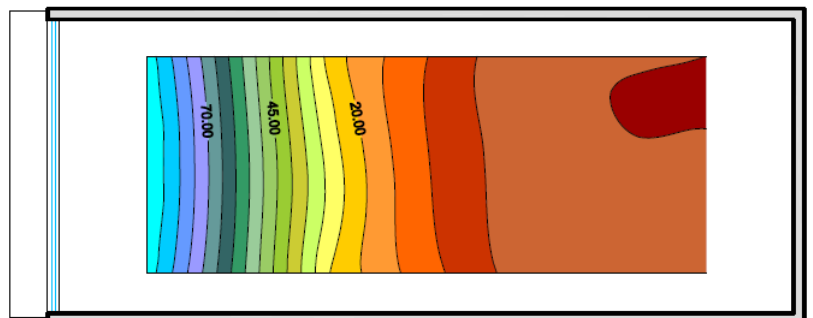


Figura 81: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Florianópolis, PAF 75%, Oeste

Modelos 07 – Protetor Horizontal - Maceió

PAF 25% - Norte

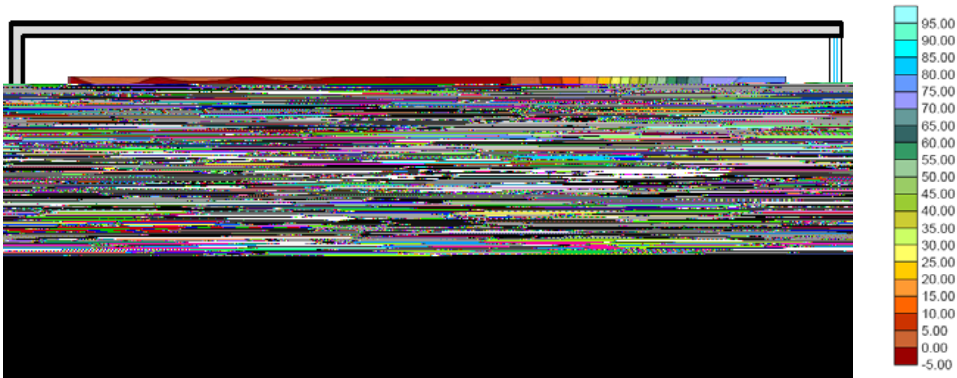


Figura 82: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 25%, Norte

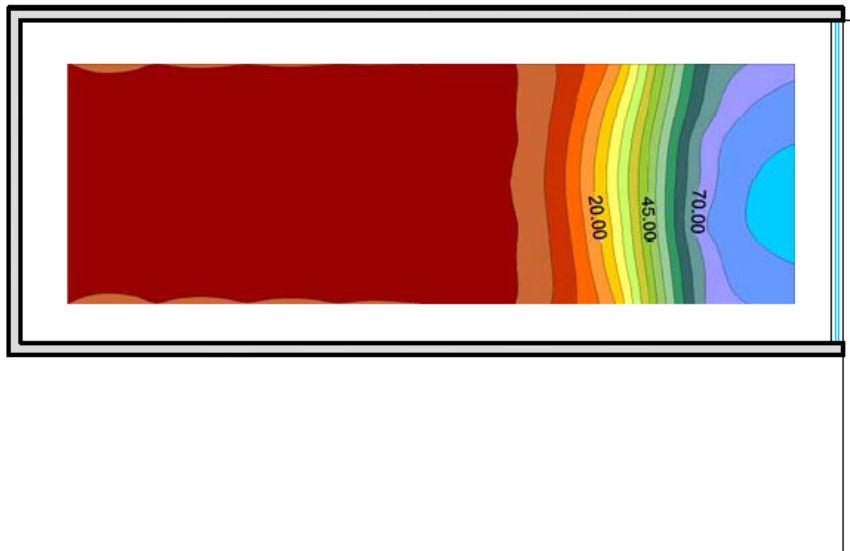


Figura 83: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 25%, Norte

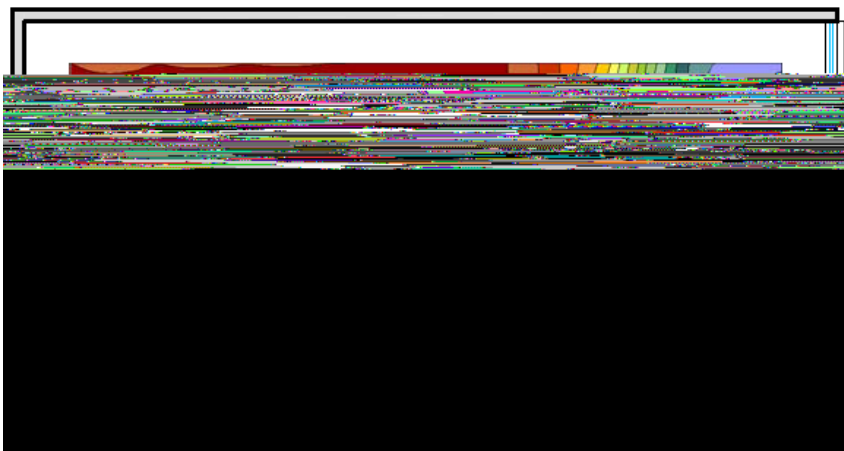


Figura 84: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 25%, Norte

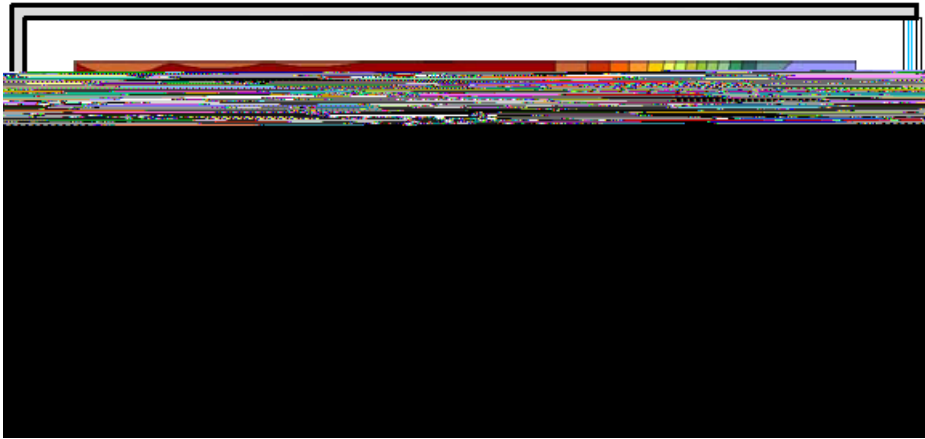


Figura 85: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 75%, Norte

PAF 50% - Norte

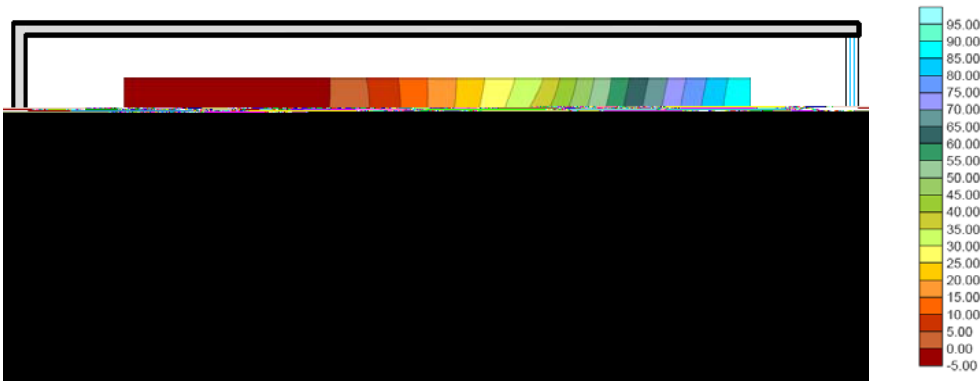


Figura 86: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 50%, Norte

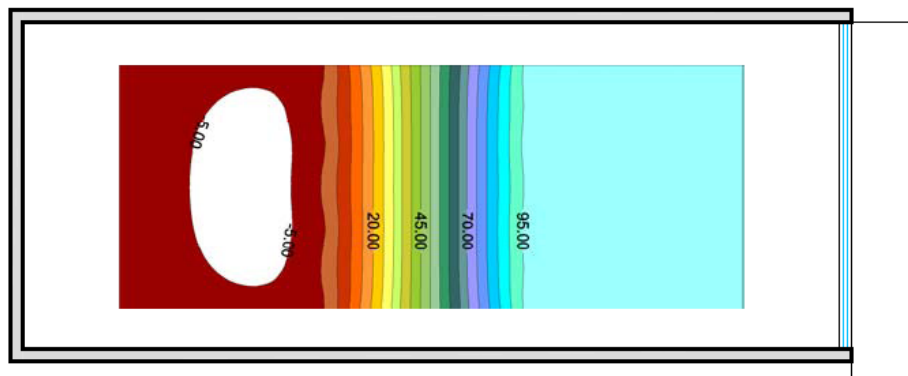


Figura 87: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 50%, Norte

E

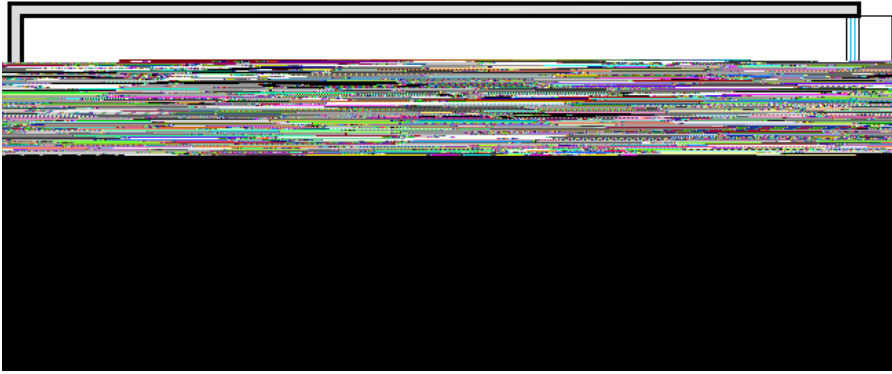


Figura 88: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 25%, Norte

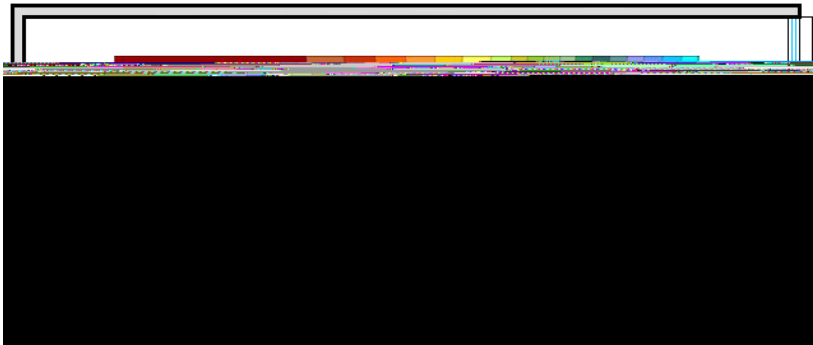


Figura 89: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 50%, Norte

PAF 75% - Norte

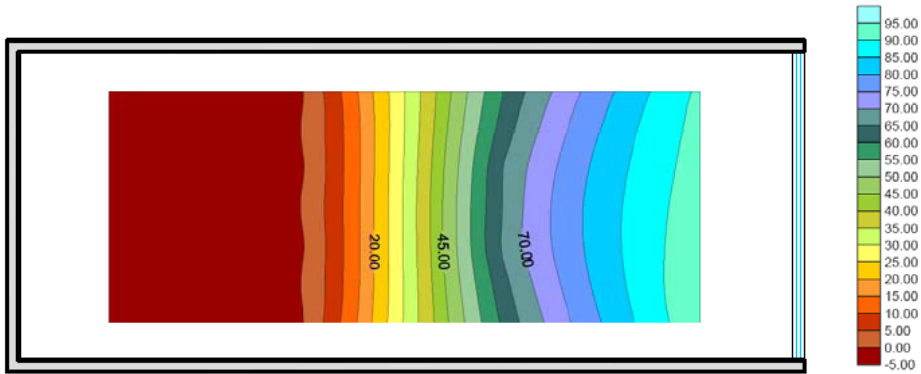


Figura 90: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 75%, Norte

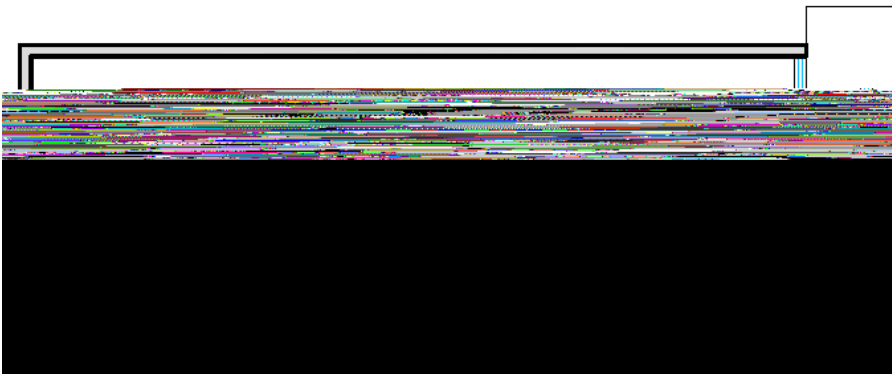


Figura 91: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 75%, Norte

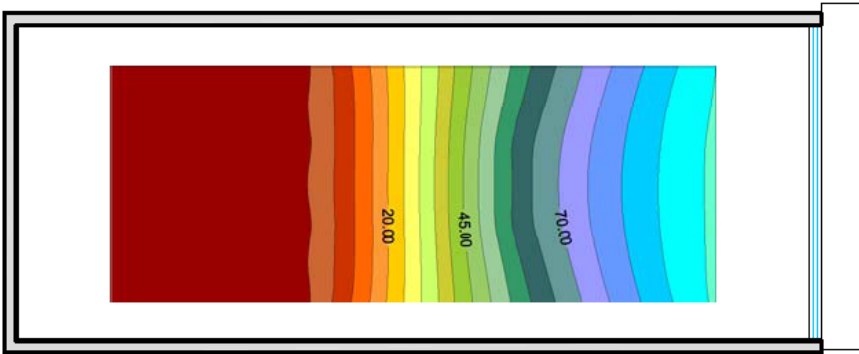


Figura 91: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 75%, Norte

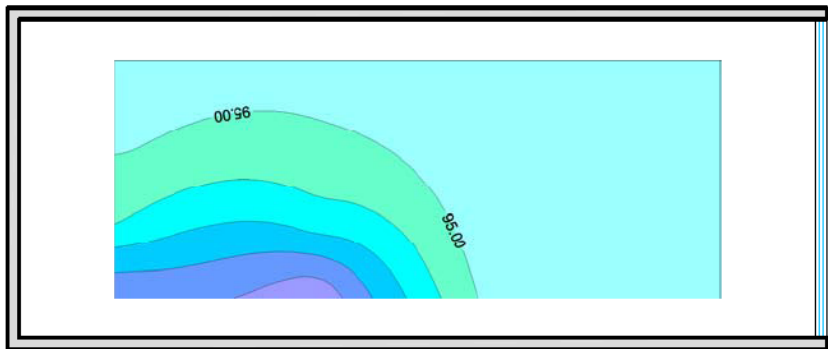


Figura 92: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 75%, Norte

Modelos 08 – Protetor Vertical - Maceió

PAF 25% - Sul

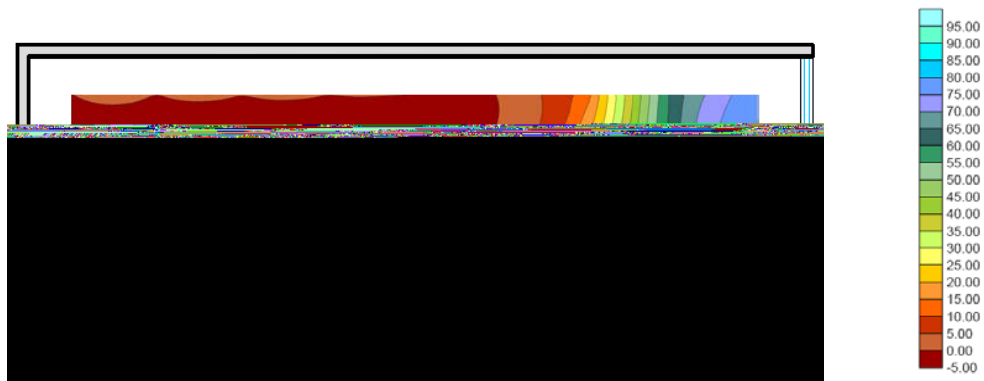


Figura 93: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 25%, Sul

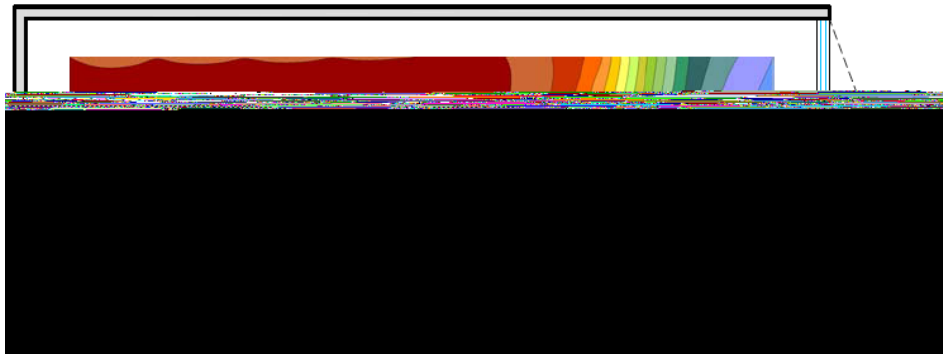


Figura 94: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 25%, Sul

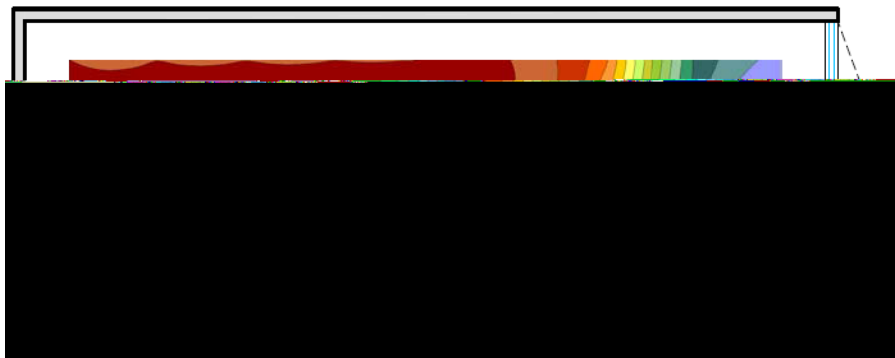


Figura 95: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 25%, Sul

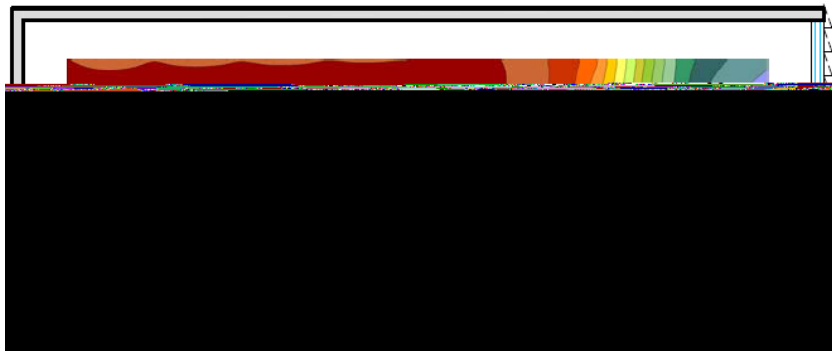


Figura 96: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 25%, Sul

PAF 50% - Sul

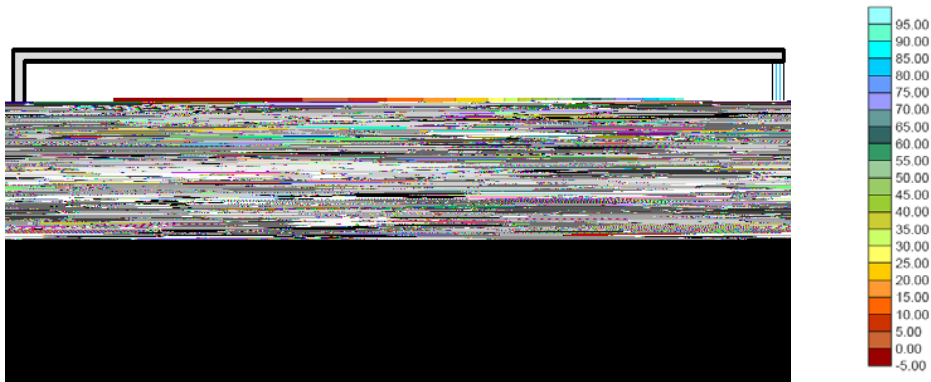


Figura 97: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 50%, Sul

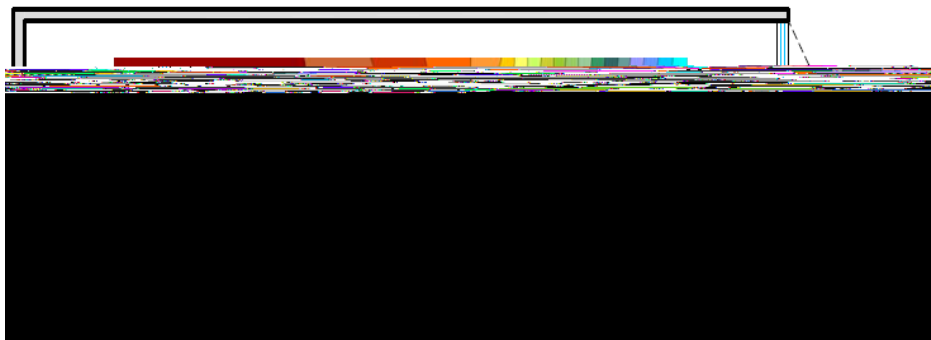


Figura 98: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 50%, Sul

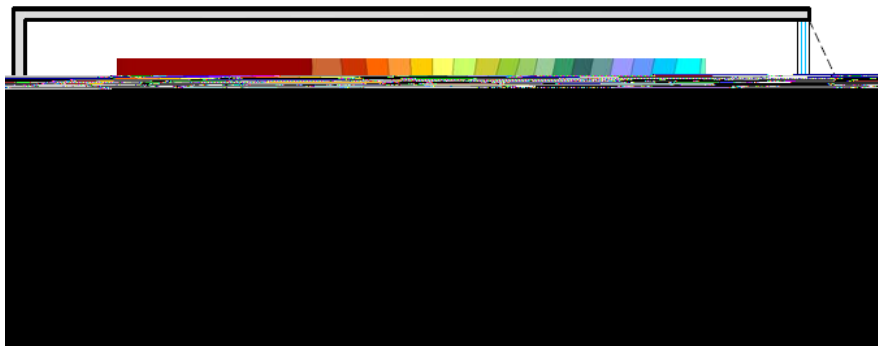


Figura 99: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 50%, Sul

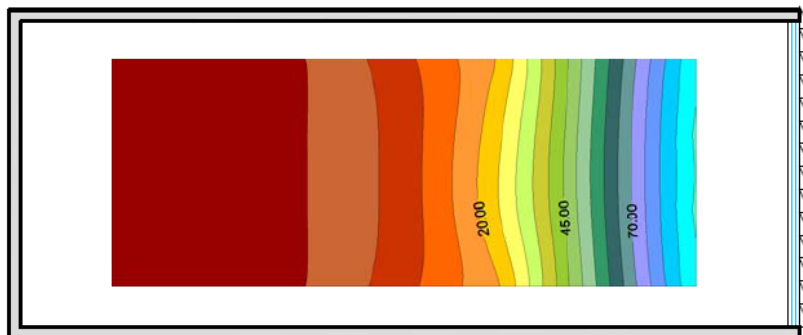


Figura 100: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 50%, Sul

PAF 75% - Sul

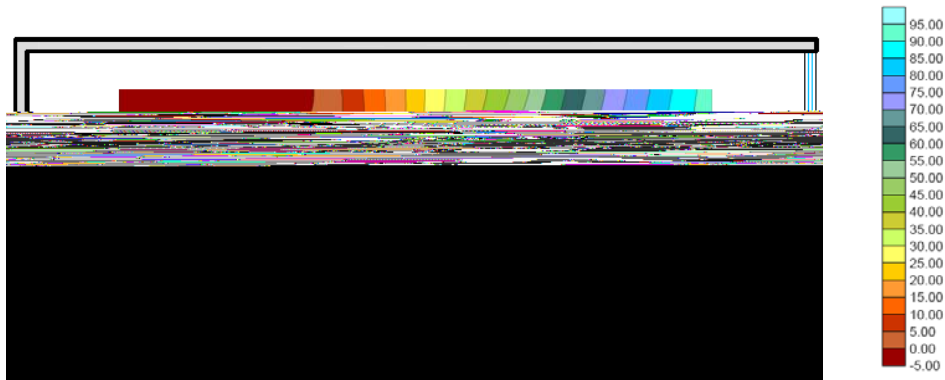


Figura 101: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 75%, Sul

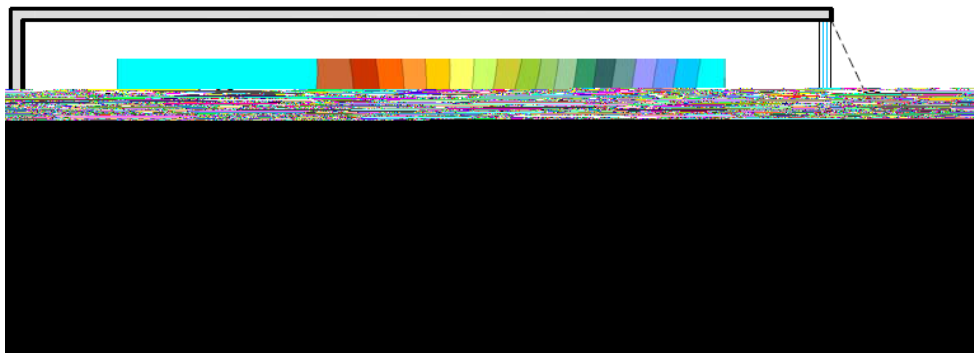


Figura 102: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 75%, Sul

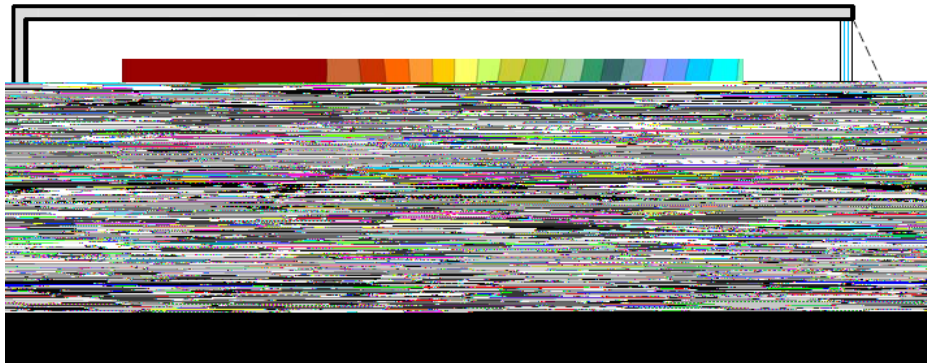


Figura 103: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 75%, Sul

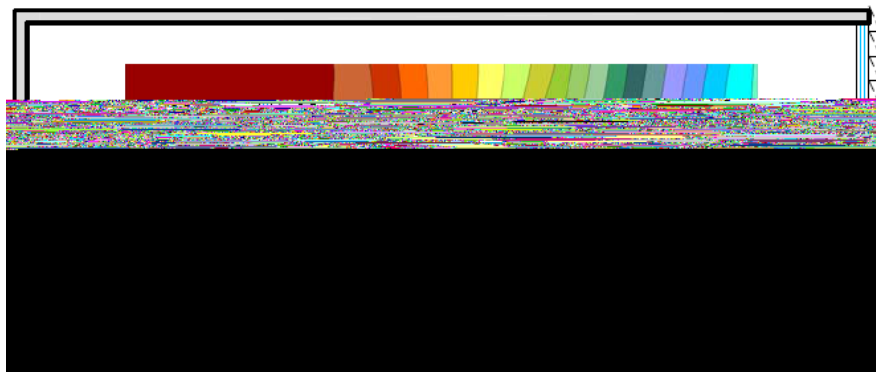


Figura 104: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 75%, Sul

Modelos 09 – Protetor Horizontal – Maceió

PAF 50% - Leste

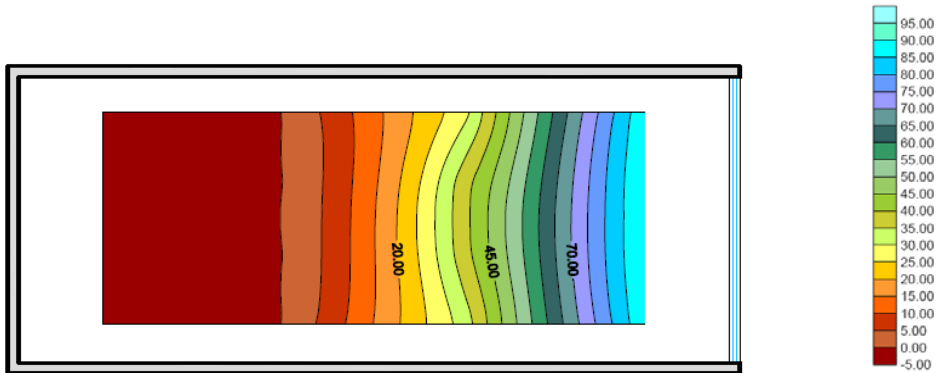


Figura 105: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 50%, Leste

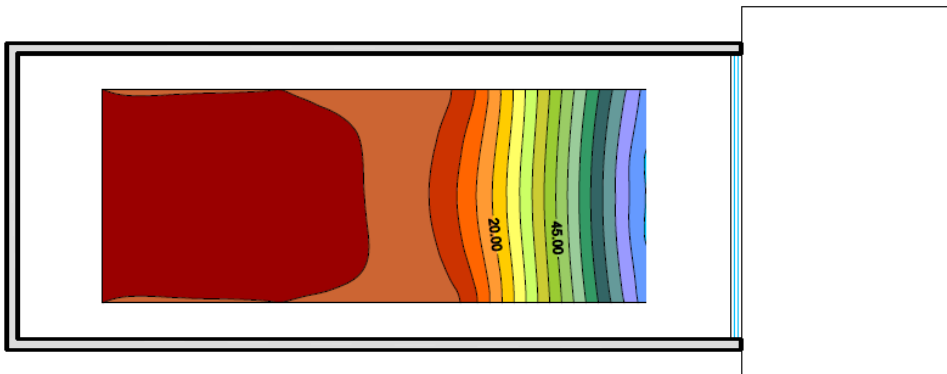


Figura 106: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 50%, Leste

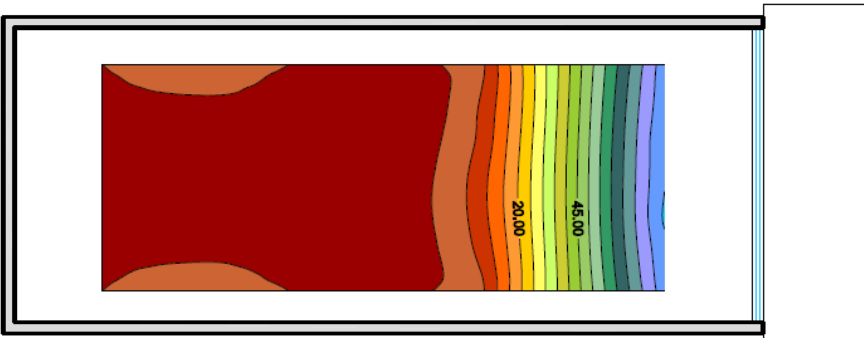


Figura 107: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 50%, Leste

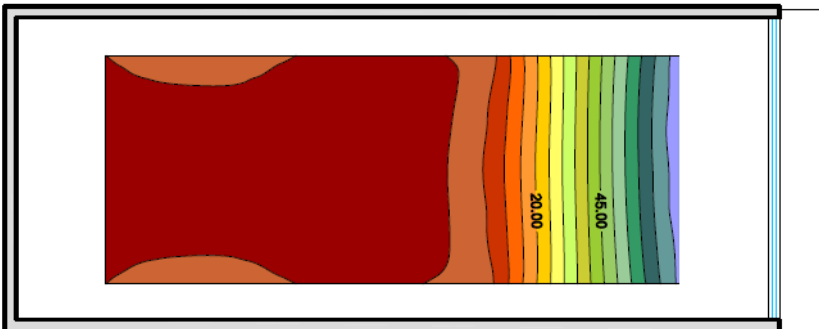


Figura 108: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 50%, Leste

PAF 75% - Leste

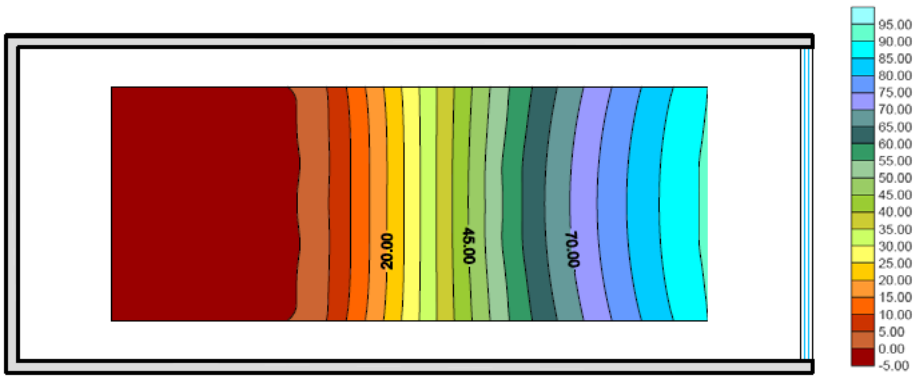


Figura 109: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 75%, Leste

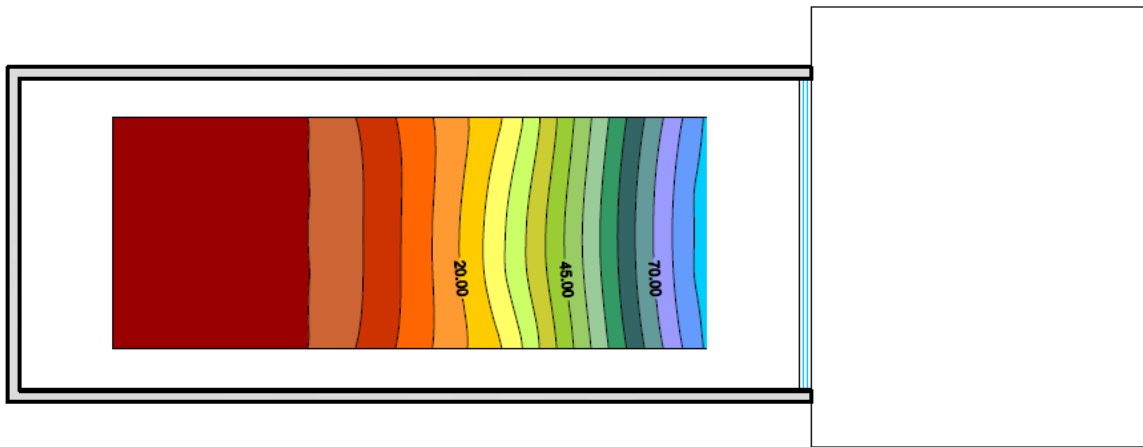


Figura 110: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 75%, Leste

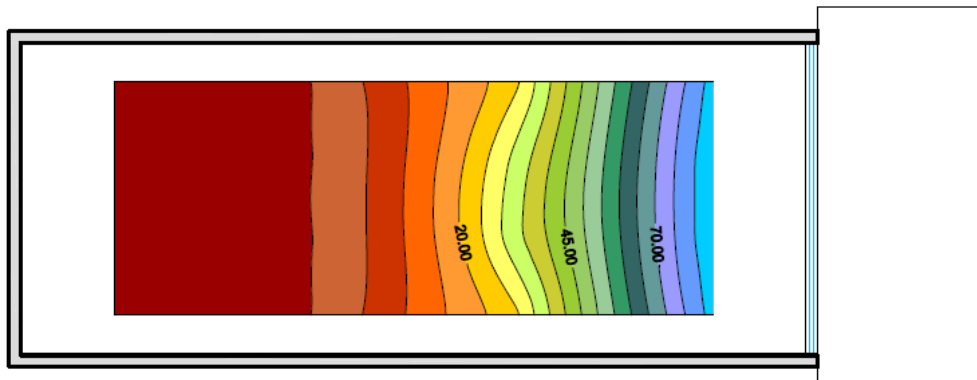


Figura 111: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 75%, Leste

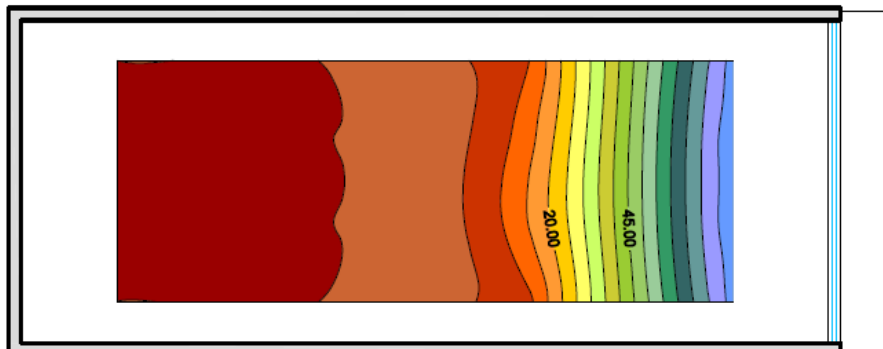


Figura 112: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 75%, Leste

Modelos 10 – Protetor Horizontal – Maceió

PAF 25% - Oeste

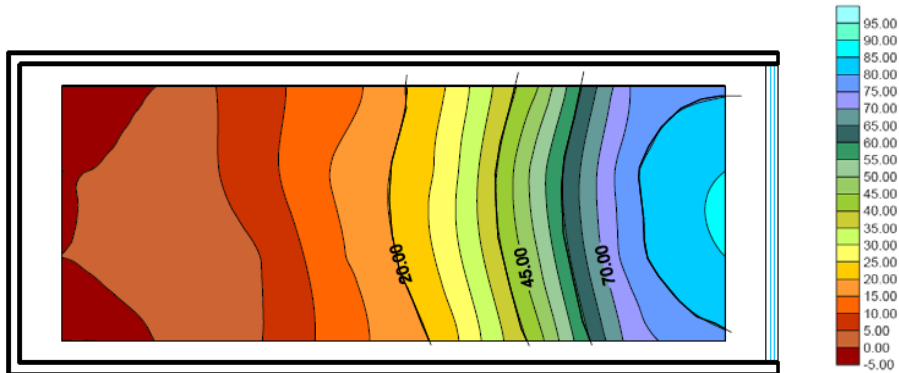


Figura 113: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 25%, Oeste

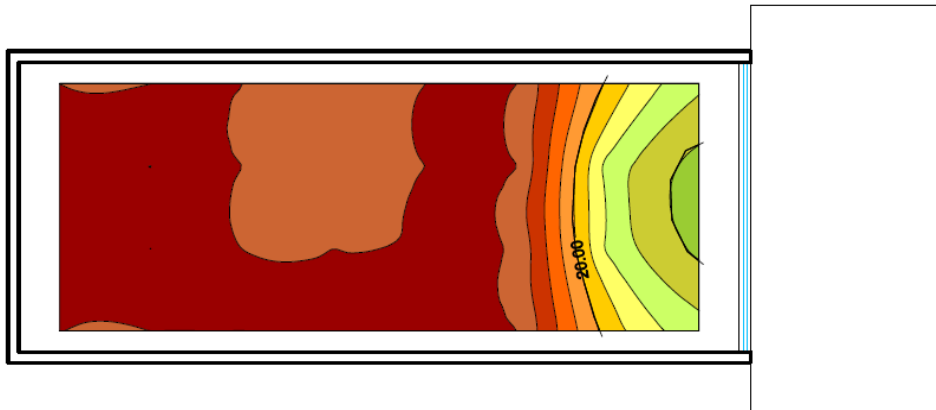


Figura 114: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 25%, Oeste

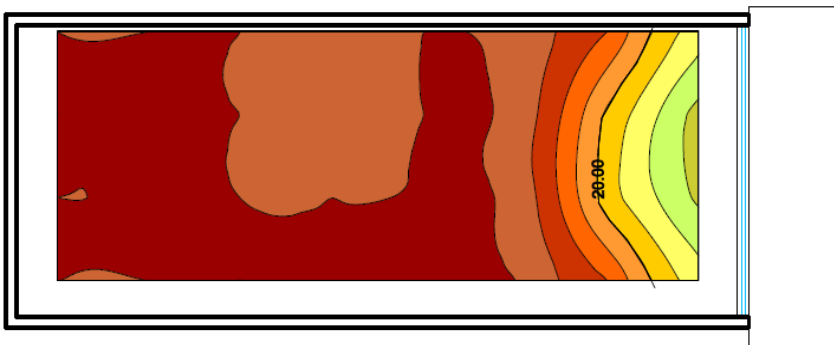


Figura 115: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 25%, Oeste

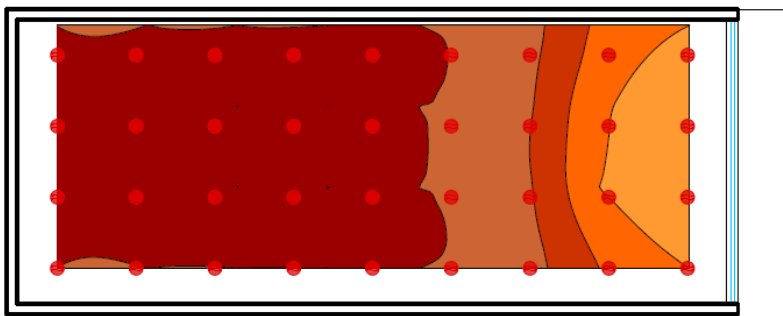


Figura 116: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 25%, Oeste

PAF 50% - Oeste

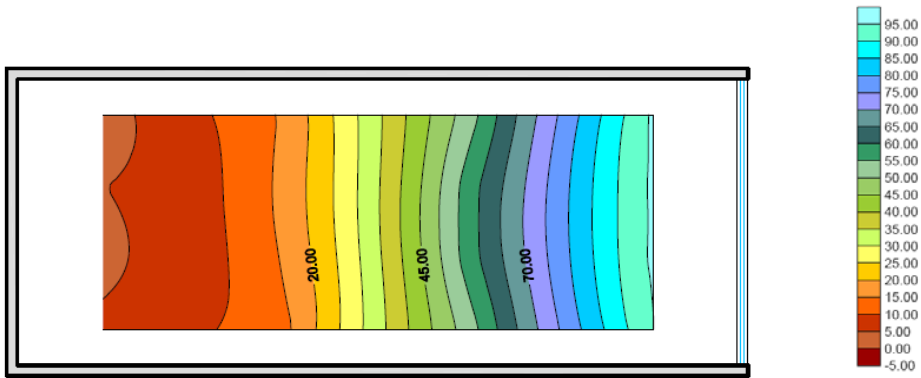


Figura 117: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 50%, Oeste

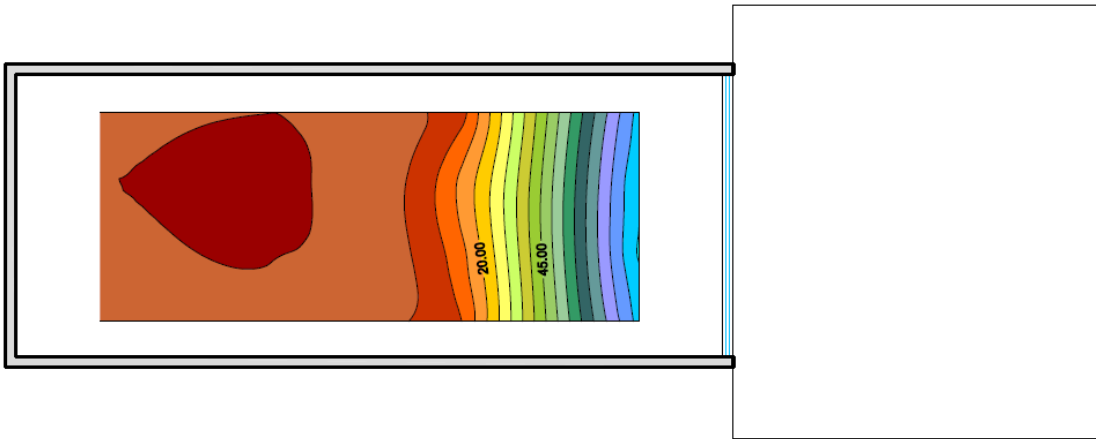


Figura 118: Modelo de curva isoDA com protetor solar único Maceió, PAF 50%, Oeste

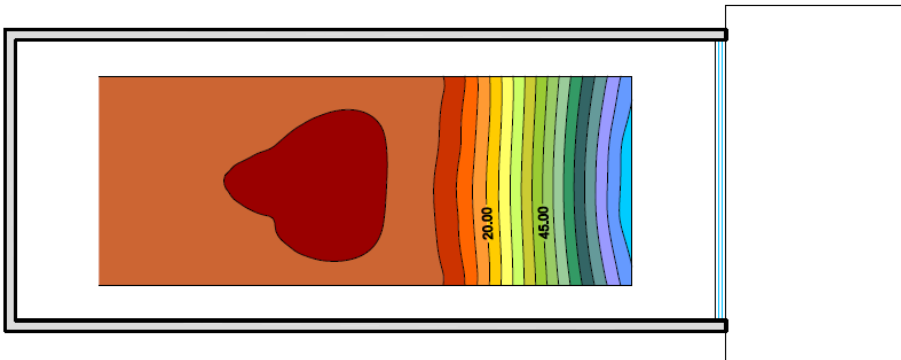


Figura 119: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 50%, Oeste

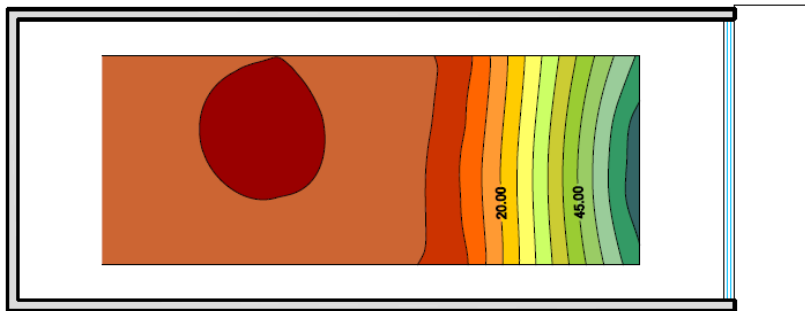


Figura 120: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 50%, Oeste

PAF 75% - Oeste

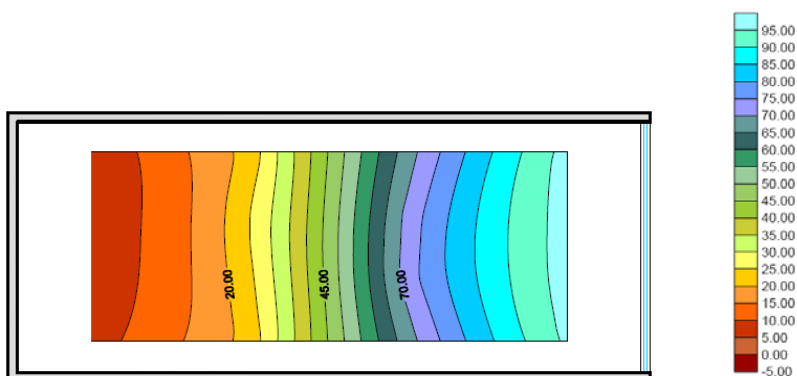


Figura 121: Modelo de curva isoDA sem protetor solar Maceió, PAF 75%, Oeste

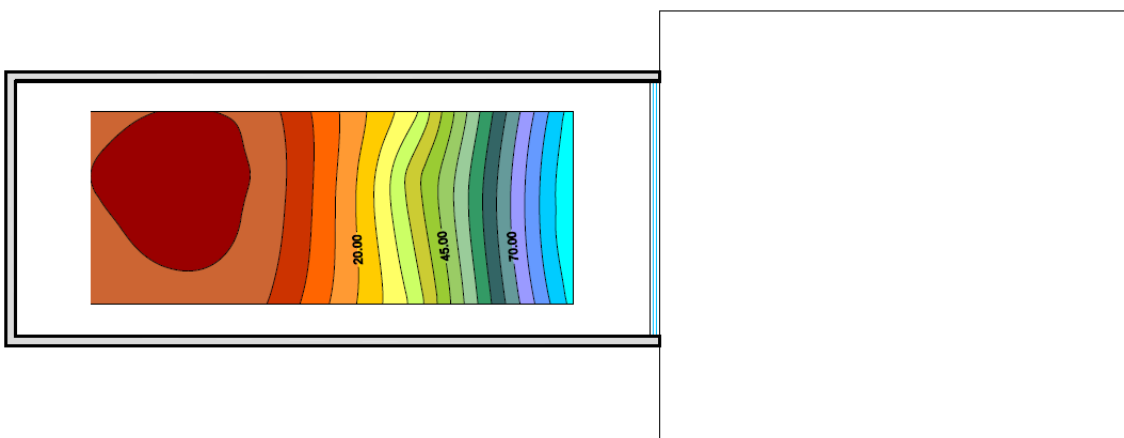


Figura 122: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 75%, Oeste

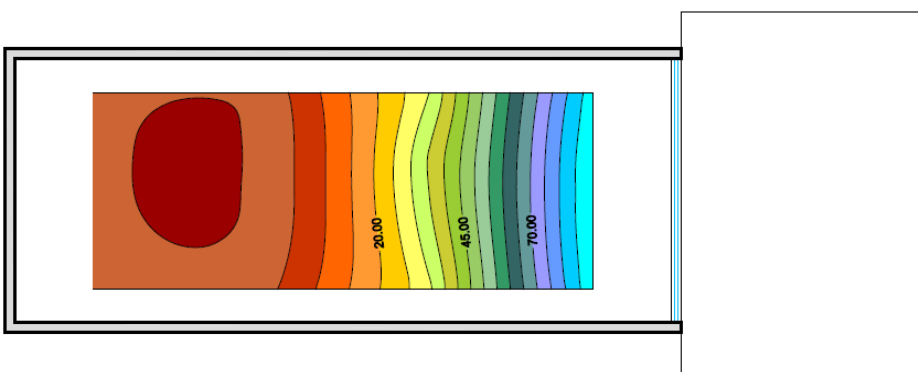


Figura 123: Modelo de curva isoDA com dois protetores solares Maceió, PAF 75%, Oeste

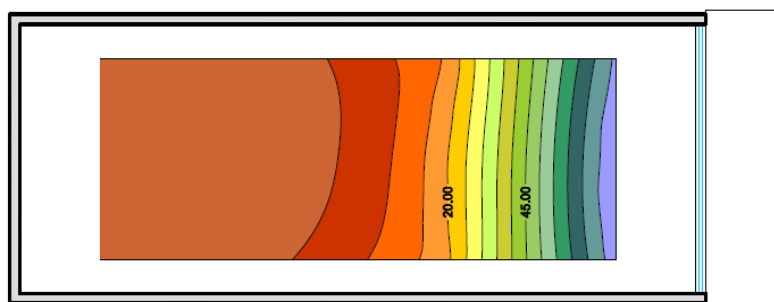


Figura 124: Modelo de curva isoDA com protetor solar filetado Msceió, PAF 75%, Oeste

Resultados – Protetor vertical na fachada norte – Brasília

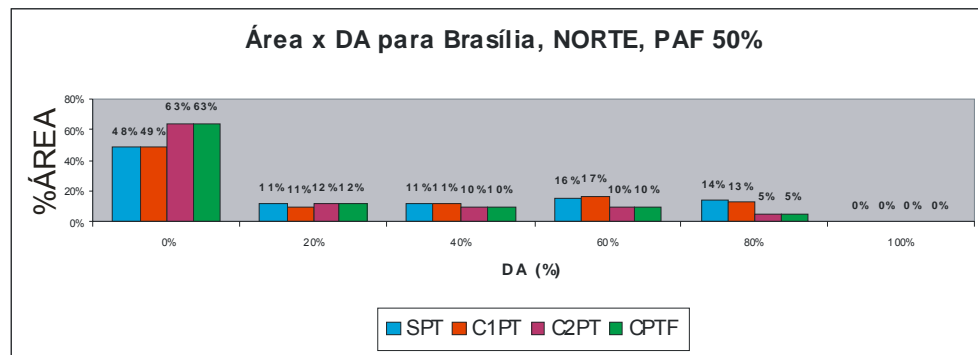


Figura 21: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Norte, PAF50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com protetor único, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

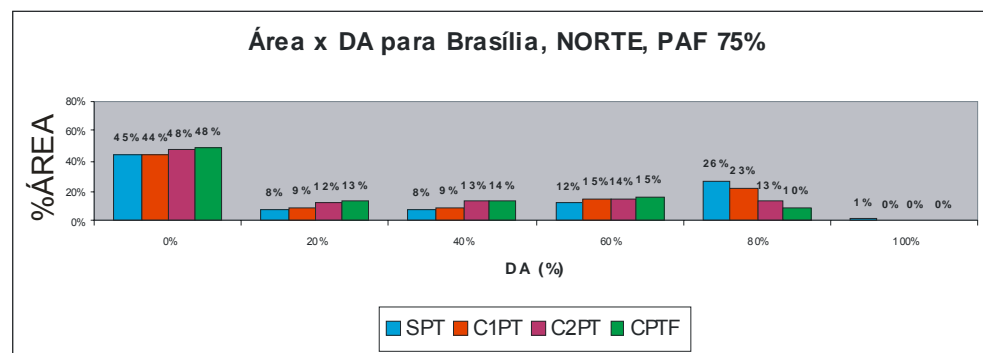


Figura 27: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Norte, PAF75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com protetor único, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA PROTETOR VERTICAL BRASÍLIA - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 01	NORTE	50%	DF	48	11	11	16	14	0	49	11	11	17	13	0	63	12	10	10	5	0	63	12	10	10	5	0
	NORTE	75%	DF	42	8	8	12	26	0	44	9	9	15	23	0	48	12	13	14	13	0	48	12	13	14	13	0

4.2. Modelos 02 – Protetor Horizontal Leste – Brasília

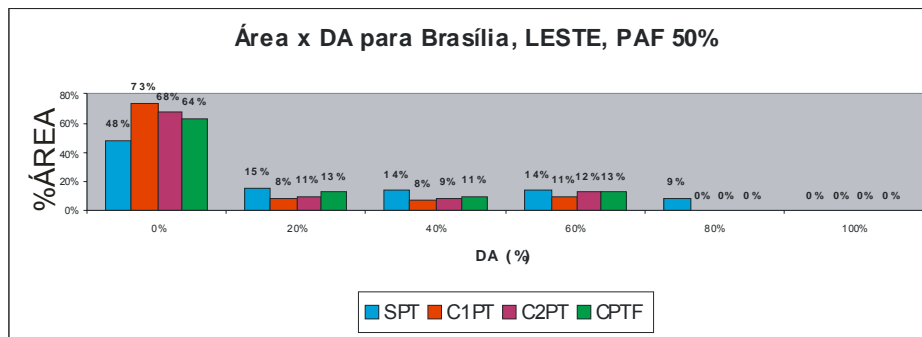


Figura 24: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Norte, PAF75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

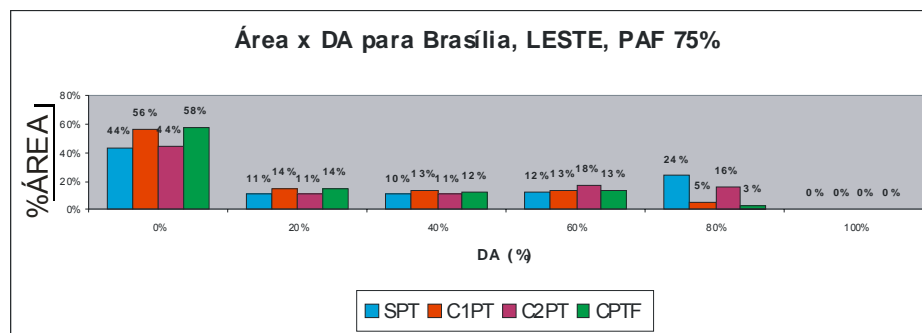


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Norte, PAF75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 02 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 02	LESTE	50%	DF	48	15	14	14	9	0	73	8	8	11	0	0	68	11	9	12	0	0	64	11	11	13	0	0
	LESTE	75%	DF	44	11	10	13	24	0	56	14	13	13	5	0	44	11	11	18	16	0	58	14	12	13	3	0

4.3. Modelos 03 – Protetor Horizontal Oeste – Brasília

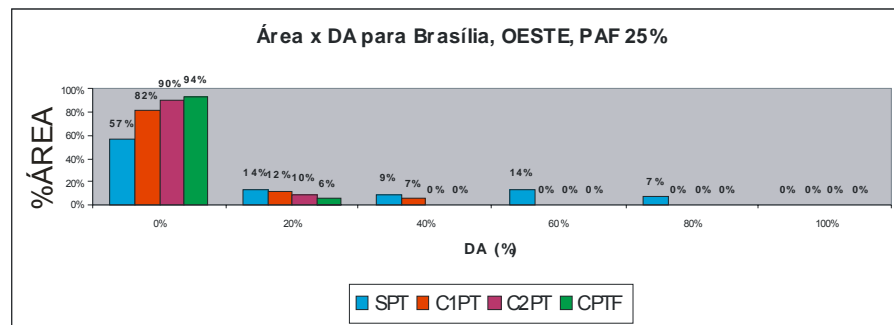


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Oeste, PAF 25%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

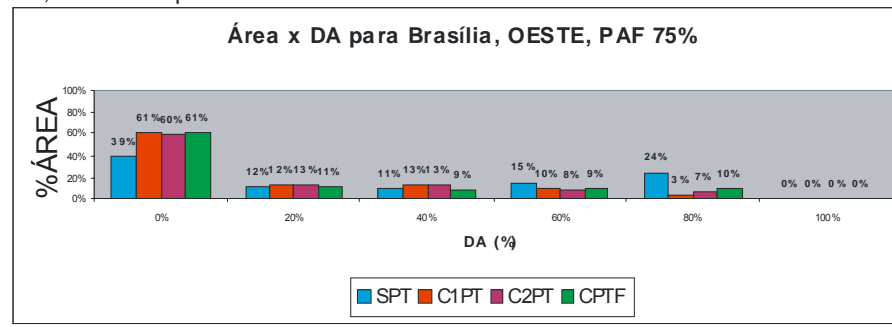
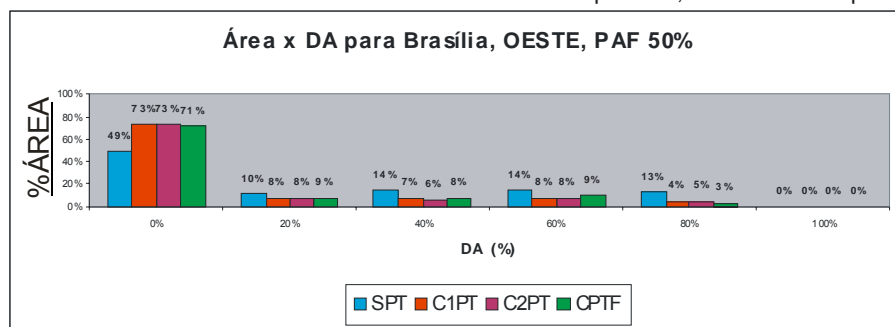


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Oeste, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Brasília, Oeste, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 03 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT							C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	
MODELO 03	OESTE	25%	DF	57	14	9	14	7	0	82	12	7	0	0	0	90	10	0	0	0	0	94	6	0	0	0	0	
	OESTE	50%	DF	49	10	14	14	13	0	73	8	7	8	4	0	73	8	6	8	5	0	71	9	8	9	3	0	
	OESTE	75%	DF	39	12	11	15	24	0	61	12	13	10	3	0	60	13	13	8	7	0	61	11	11	9	10	0	

4.4. Modelos 04 – Protetor Horizontal Norte – Florianópolis

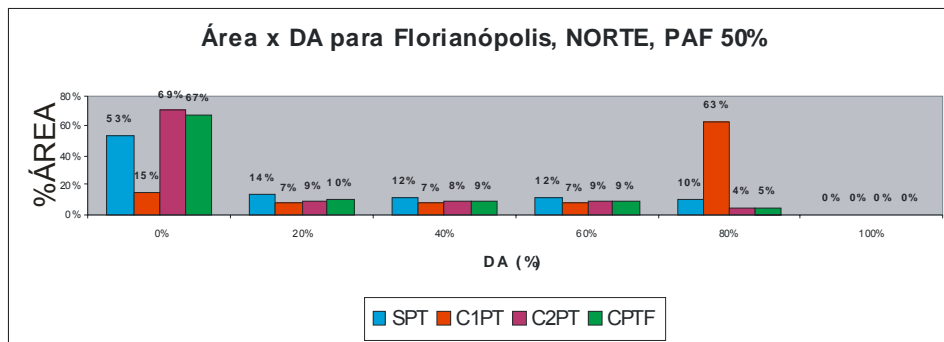


Figura 24: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, NORTE, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

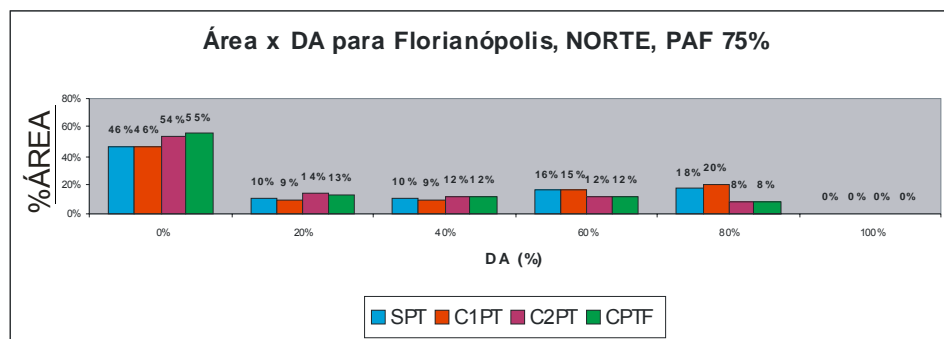


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, NORTE, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 04 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPTF					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 04	NORTE	50%	FL	53	14	12	12	10	0	15	7	7	7	63	0	69	9	8	9	4	0	67	10	9	9	5	0
	NORTE	75%	FL	46	10	10	16	18	0	46	9	9	15	20	0	54	14	12	12	8	0	55	13	12	12	8	0

4.5. Modelos 05 – Protetor Horizontal – Florianópolis

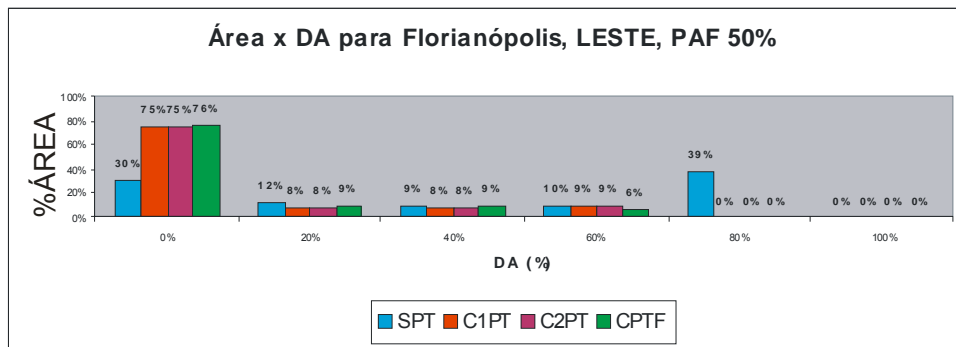


Figura 24: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, Leste PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

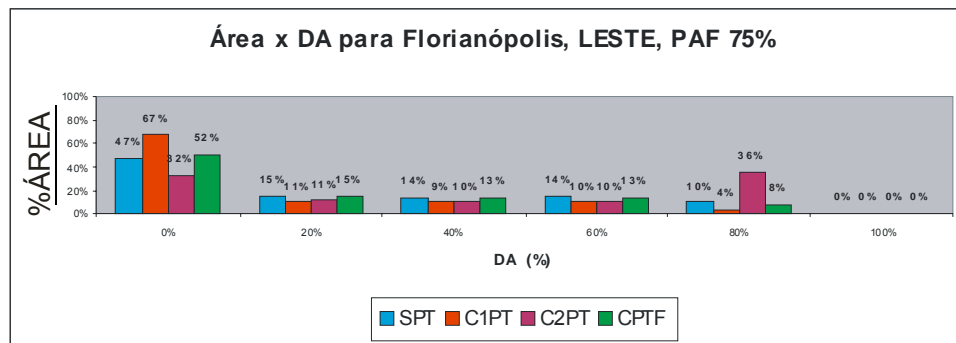


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, Leste PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 05 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPTF					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 05	LESTE	50%	FL	30	12	9	10	39	0	75	8	8	9	0	0	75	8	8	9	0	0	79	9	9	6	0	0
	LESTE	75%	FL	47	15	15	14	10	0	67	11	9	10	4	0	32	11	10	10	36	0	51	15	13	13	8	0

4.6. Modelos 06 – Protetor Horizontal – Florianópolis

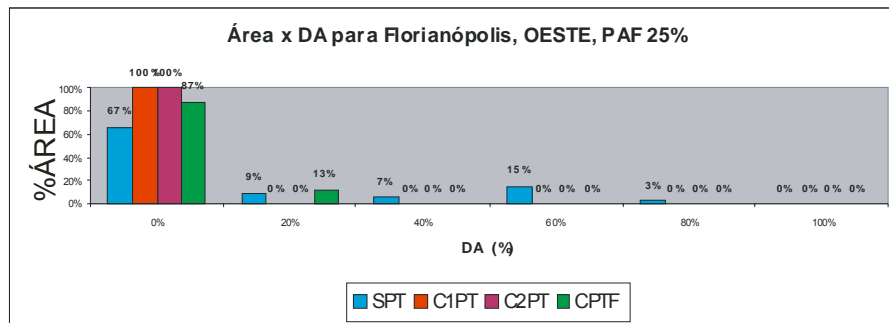


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, Oeste PAF 25%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

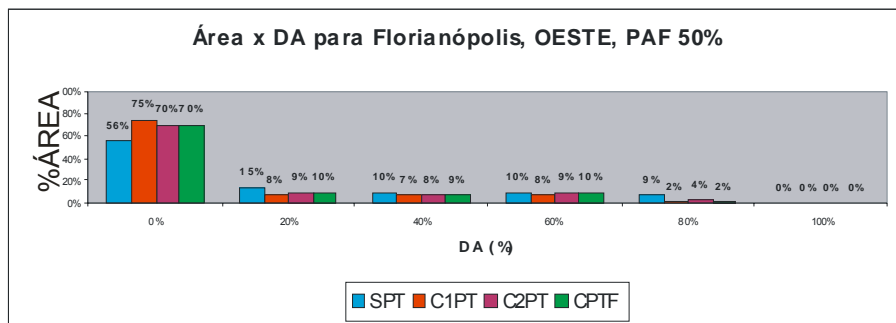


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, Oeste, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

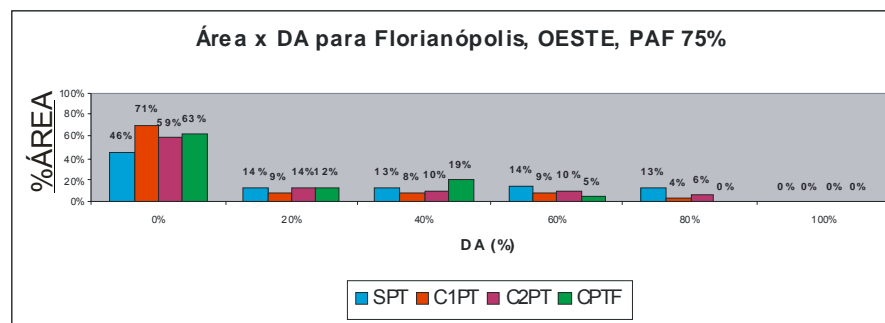


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Florianópolis, Oeste, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 06 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPTF					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 06	OESTE	25%	FL	67	9	7	15	3	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	87	13	0	0	0	0
	OESTE	50%	FL	56	15	10	10	9	0	75	8	7	8	2	0	70	9	8	9	4	0	70	10	9	10	2	0
	OESTE	75%	FL	46	14	13	14	13	0	71	9	8	9	4	0	59	14	10	10	6	0	63	12	19	5	0	0

4.7. Modelos 07 – Protetor Horizontal - Maceió

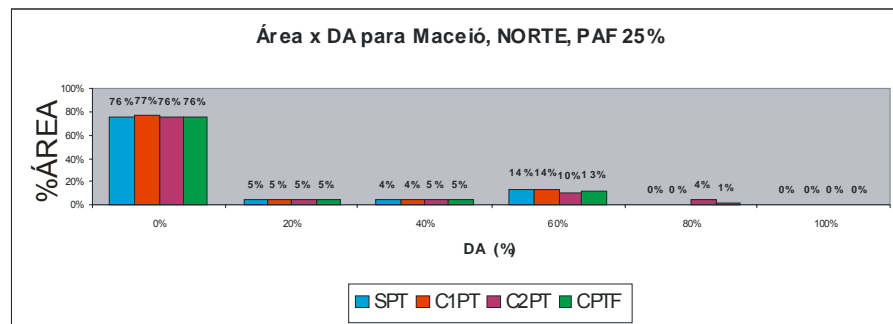


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Norte, PAF 25%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

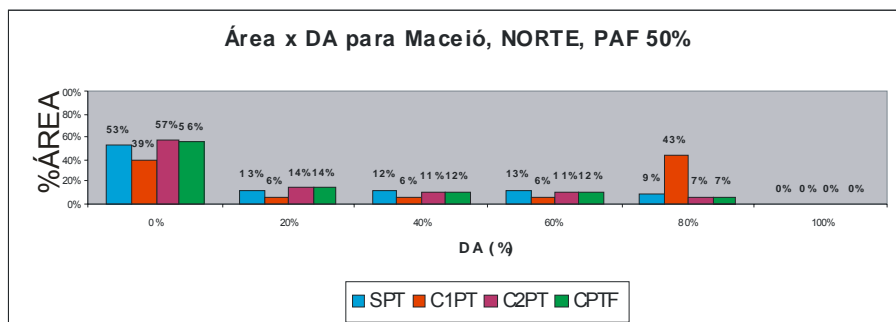


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Norte, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

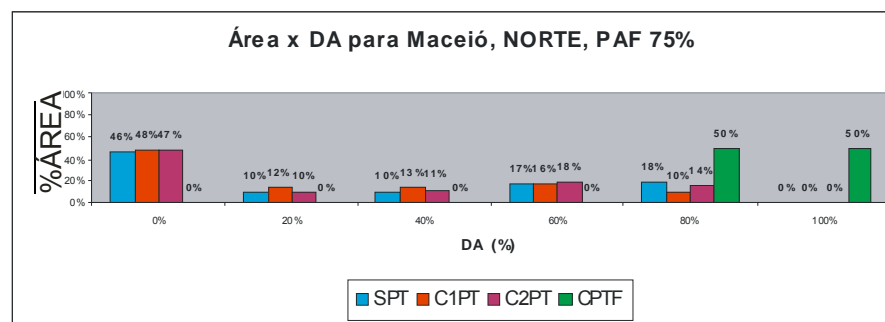


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Norte, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 07 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 07	NORTE	25%	MC	76	5	4	14	0	0	77	5	4	14	0	0	76	5	5	10	4	0	76	5	5	13	1	0
	NORTE	50%	MC	53	13	12	13	9	0	36	6	6	6	43	0	57	14	11	11	7	0	56	13	12	12	7	0
	NORTE	75%	MC	46	10	10	17	18	0	48	12	13	16	10	0	47	10	11	18	14	0	0	0	0	0	50	50

4.8. Modelos 08 – Protetor Vertical - Maceió

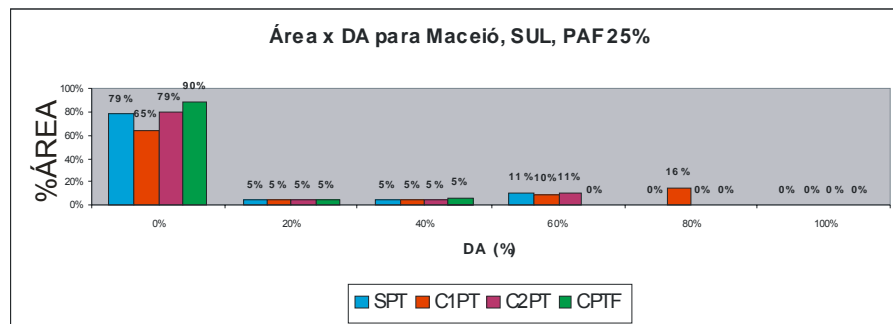


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Sul, PAF 25%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

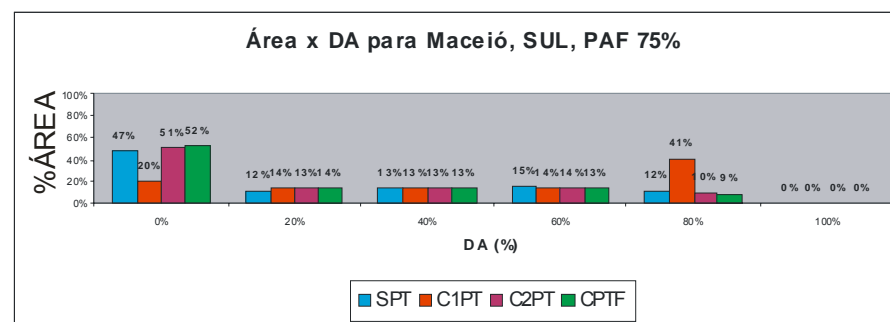
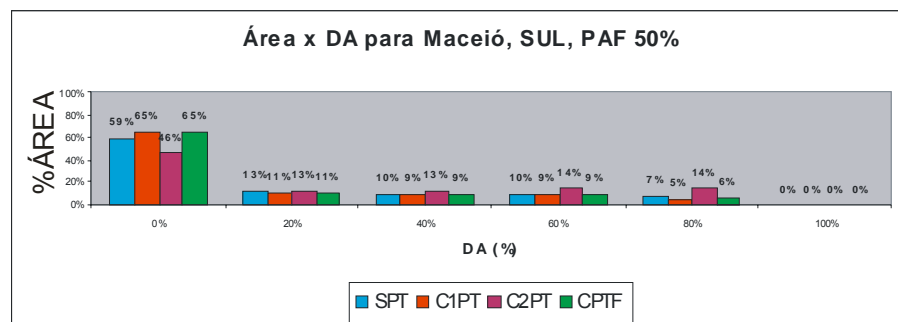


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Sul, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Sul, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 08 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 08	SUL	25%	MC	79	5	5	11	0	0	65	5	5	10	16	0	79	5	5	11	0	0	90	5	5	0	0	0
	SUL	50%	MC	59	13	10	10	7	0	65	11	9	9	5	0	46	13	13	14	14	0	65	11	9	9	6	0
	SUL	75%	MC	47	12	13	15	12	0	20	14	13	14	41	0	51	13	13	14	10	0	52	14	13	13	9	0

4.9. Modelos 09 – Protetor Horizontal – Maceió

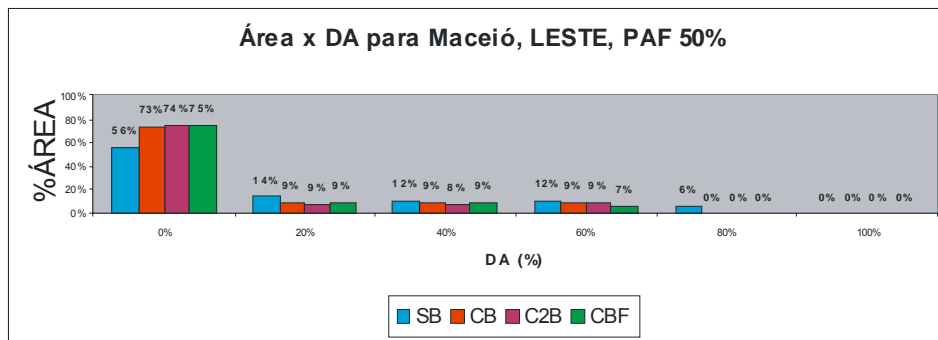


Figura 24: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Leste, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

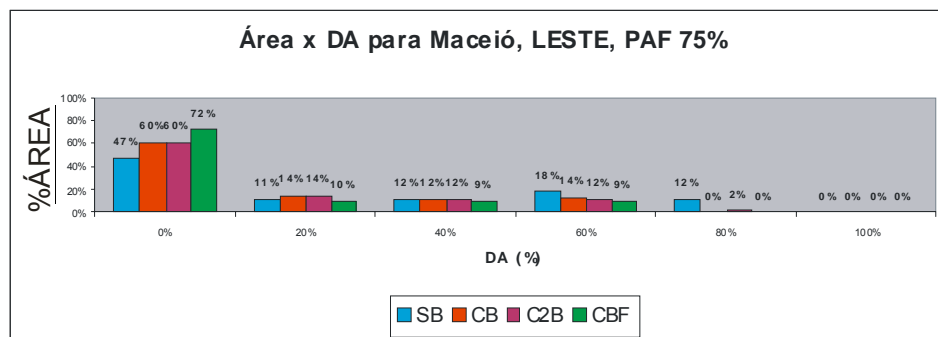


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió Leste, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 09 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 09	LESTE	50%	MC	56	14	12	12	6	0	73	9	9	9	0	0	74	9	8	9	0	0	75	9	9	7	0	0
	LESTE	75%	MC	47	11	12	18	12	0	60	14	12	14	0	0	60	14	12	12	2	0	72	10	9	9	0	0

4.10. Modelos 10 – Protetor Misto - Maceió

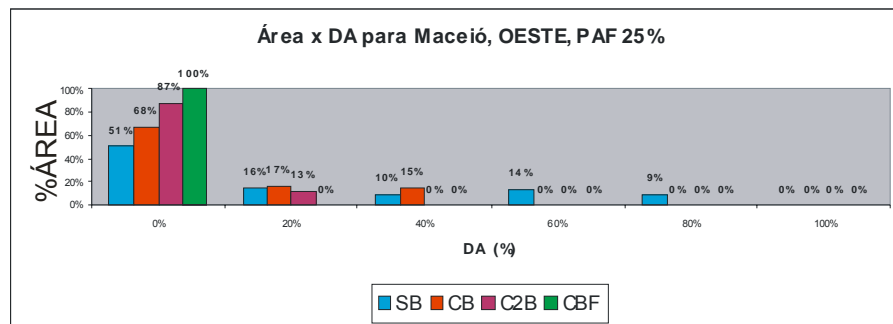


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Oeste, PAF 25%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

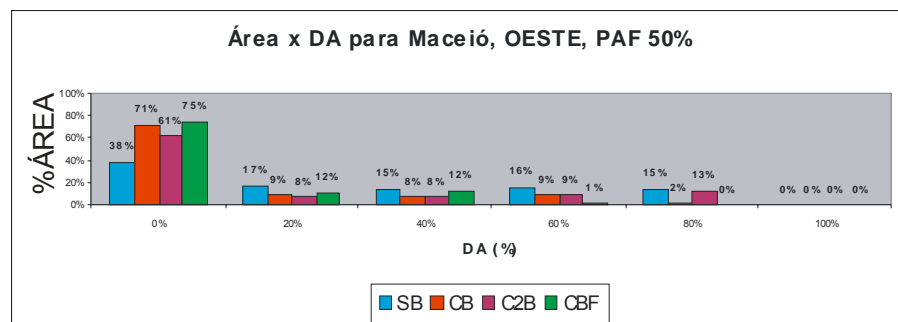


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Oeste, PAF 50%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

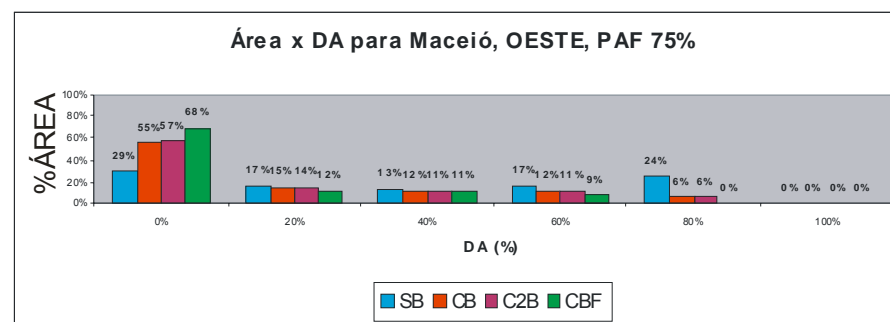


Figura 25: Gráfico da relação entre a porcentagem de Área X DA nas salas para Maceió, Oeste, PAF 75%, onde SPT: sem protetor, C1PT: com 1 protetor, C2PT: com dois protetores, CPTF: com protetor filetado.

ANÁLISE PARA MODELO 010 - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%																											
MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 10	OESTE	25%	MC	51	16	10	14	9	0	68	17	15	0	0	0	87	13	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	OESTE	50%	MC	38	17	15	16	15	0	71	9	8	9	2	0	61	8	8	9	13	0	75	12	12	1	0	0
	OESTE	75%	MC	29	17	13	17	24	0	55	15	12	12	6	0	57	14	11	11	6	0	68	12	11	9	0	0

5.2.1. Com relação à orientação

ANÁLISE PARA ORIENTAÇÃO NORTE - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 01	NORTE	50%	DF	48	11	11	16	14	0	49	11	11	17	13	0	63	12	10	10	5	0	63	12	10	10	5	0
	NORTE	75%	DF	42	8	8	12	26	0	44	9	9	15	23	0	48	12	13	14	13	0	48	12	13	14	13	0
MODELO 04	NORTE	50%	FL	53	14	12	12	10	0	15	7	7	7	63	0	69	9	8	9	4	0	67	10	9	9	5	0
	NORTE	75%	FL	46	10	10	16	18	0	46	9	9	15	20	0	54	14	12	12	8	0	55	13	12	12	8	0
MODELO 07	NORTE	25%	MC	76	5	4	14	0	0	77	5	4	14	0	0	76	5	5	10	4	0	76	5	5	13	1	0
	NORTE	50%	MC	53	13	12	13	9	0	36	6	6	6	43	0	57	14	11	11	7	0	56	13	12	12	7	0
	NORTE	75%	MC	46	10	10	17	18	0	48	12	13	16	10	0	47	10	11	18	14	0	0	0	0	0	50	50

ANÁLISE PARA ORIENTAÇÃO SUL - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 08	SUL	25%	MC	79	5	5	11	0	0	65	5	5	10	16	0	79	5	5	11	0	0	90	5	5	0	0	0
	SUL	50%	MC	59	13	10	10	7	0	65	11	9	9	5	0	46	13	13	14	14	0	65	11	9	9	6	0
	SUL	75%	MC	47	12	13	15	12	0	20	14	13	14	41	0	51	13	13	14	10	0	52	14	13	13	9	0

ANÁLISE PARA ORIENTAÇÃO LESTE - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 02	LESTE	50%	DF	48	15	14	14	9	0	73	8	8	11	0	0	68	11	9	12	0	0	64	11	11	13	0	0
	LESTE	75%	DF	44	11	10	13	24	0	56	14	13	13	5	0	44	11	11	18	16	0	58	14	12	13	3	0
MODELO 05	LESTE	50%	FL	30	12	9	10	39	0	75	8	8	9	0	0	75	8	8	9	0	0	79	9	9	6	0	0
	LESTE	75%	FL	47	15	15	14	10	0	67	11	9	10	4	0	32	11	10	10	36	0	51	15	13	13	8	0
MODELO 09	LESTE	50%	MC	56	14	12	12	6	0	73	9	9	9	0	0	74	9	8	9	0	0	75	9	9	7	0	0
	LESTE	75%	MC	47	11	12	18	12	0	60	14	12	14	0	0	60	14	12	12	2	0	72	10	9	9	0	0

**ANÁLISE PARA ORIENTAÇÃO OESTE - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%,
DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%**

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 03	OESTE	25%	DF	57	14	9	14	7	0	82	12	7	0	0	0	90	10	0	0	0	0	94	6	0	0	0	0
	OESTE	50%	DF	49	10	14	14	13	0	73	8	7	8	4	0	73	8	6	8	5	0	71	9	8	9	3	0
	OESTE	75%	DF	39	12	11	15	24	0	61	12	13	10	3	0	60	13	13	8	7	0	61	11	11	9	10	0
MODELO 06	OESTE	25%	FL	67	9	7	15	3	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	87	13	0	0	0	0
	OESTE	50%	FL	56	15	10	10	9	0	75	8	7	8	2	0	70	9	8	9	4	0	70	10	9	10	2	0
	OESTE	75%	FL	46	14	13	14	13	0	71	9	8	9	4	0	59	14	10	10	6	0	63	12	19	5	0	0
MODELO 10	OESTE	25%	MC	51	16	10	14	9	0	68	17	15	0	0	0	87	13	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	OESTE	50%	MC	38	17	15	16	15	0	71	9	8	9	2	0	61	8	8	9	13	0	75	12	12	1	0	0
	OESTE	75%	MC	29	17	13	17	24	0	55	15	12	12	6	0	57	14	11	11	6	0	68	12	11	9	0	0

5.2.1. Com relação ao modelo dos protetores

ANÁLISE PARA PROTETOR HORIZONTAL BRASÍLIA - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA
 PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 02	LESTE	50%	DF	48	15	14	14	9	0	73	8	8	11	0	0	68	11	9	12	0	0	64	11	11	13	0	0
	LESTE	75%	DF	44	11	10	13	24	0	56	14	13	13	5	0	44	11	11	18	16	0	58	14	12	13	3	0
MODELO 03	OESTE	25%	DF	57	14	9	14	7	0	82	12	7	0	0	0	90	10	0	0	0	0	94	6	0	0	0	0
	OESTE	50%	DF	49	10	14	14	13	0	73	8	7	8	4	0	73	8	6	8	5	0	71	9	8	9	3	0
	OESTE	75%	DF	39	12	11	15	24	0	61	12	13	10	3	0	60	13	13	8	7	0	61	11	11	9	10	0

ANÁLISE PARA PROTETOR HORIZONTAL FLORIANÓPOLIS - TABELA DE PORCENTAGEM DE
 ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 04	NORTE	50%	FL	53	14	12	12	10	0	15	7	7	7	63	0	69	9	8	9	4	0	67	10	9	9	5	0
	NORTE	75%	FL	46	10	10	16	18	0	46	9	9	15	20	0	54	14	12	12	8	0	55	13	12	12	8	0
MODELO 05	LESTE	50%	FL	30	12	9	10	39	0	75	8	8	9	0	0	75	8	8	9	0	0	79	9	9	6	0	0
	LESTE	75%	FL	47	15	15	14	10	0	67	11	9	10	4	0	32	11	10	10	36	0	51	15	13	13	8	0
MODELO 06	OESTE	25%	FL	67	9	7	15	3	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	87	13	0	0	0	0
	OESTE	50%	FL	56	15	10	10	9	0	75	8	7	8	2	0	70	9	8	9	4	0	70	10	9	10	2	0
	OESTE	75%	FL	46	14	13	14	13	0	71	9	8	9	4	0	59	14	10	10	6	0	63	12	19	5	0	0

ANÁLISE PARA PROTETOR HORIZONTAL MACEIÓ - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA
 PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 07	NORTE	25%	MC	76	5	4	14	0	0	77	5	4	14	0	0	76	5	5	10	4	0	76	5	5	13	1	0
	NORTE	50%	MC	53	13	12	13	9	0	36	6	6	6	43	0	57	14	11	11	7	0	56	13	12	12	7	0
	NORTE	75%	MC	46	10	10	17	18	0	48	12	13	16	10	0	47	10	11	18	14	0	0	0	0	0	50	50
MODELO 09	LESTE	50%	MC	56	14	12	12	6	0	73	9	9	9	0	0	74	9	8	9	0	0	75	9	9	7	0	0
	LESTE	75%	MC	47	11	12	18	12	0	60	14	12	14	0	0	60	14	12	12	2	0	72	10	9	9	0	0

ANÁLISE PARA PROTETOR VERTICAL BRASÍLIA - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA
 PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 01	NORTE	50%	DF	48	11	11	16	14	0	49	11	11	17	13	0	63	12	10	10	5	0	63	12	10	10	5	0
	NORTE	75%	DF	42	8	8	12	26	0	44	9	9	15	23	0	48	12	13	14	13	0	48	12	13	14	13	0

ANÁLISE PARA PROTETOR VERTICAL MACEIÓ - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA
 DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 08	SUL	25%	MC	79	5	5	11	0	0	65	5	5	10	16	0	79	5	5	11	0	0	90	5	5	0	0	0
	SUL	50%	MC	59	13	10	10	7	0	65	11	9	9	5	0	46	13	13	14	14	0	65	11	9	9	6	0
	SUL	75%	MC	47	12	13	15	12	0	20	14	13	14	41	0	51	13	13	14	10	0	52	14	13	13	9	0

ANÁLISE PARA PROTETOR MISTO MACEIÓ - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA
 DA=0%, DA=20%, DA=40%, DA=60%, DA=80%, DA=100%

MODELO	ORIENTAÇÃO	PAF	CIDADE	SPT						C1PT						C2PT						CPST					
				0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 10	OESTE	25%	MC	51	16	10	14	9	0	68	17	15	0	0	0	87	13	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	OESTE	50%	MC	38	17	15	16	15	0	71	9	8	9	2	0	61	8	8	9	13	0	75	12	12	1	0	0
	OESTE	75%	MC	29	17	13	17	24	0	55	15	12	12	6	0	57	14	11	11	6	0	68	12	11	9	0	0

5.2.3. Com relação ao PAF

ANÁLISE PARA PAF 25% - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%,

MODELO	ORIENTAÇÃO	CIDADE	SB						CB						C2B						CBF					
			0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 03	OESTE	DF	57	14	9	14	7	0	82	12	7	0	0	0	90	10	0	0	0	0	94	6	0	0	0	0
MODELO 06	OESTE	FL	67	9	7	15	3	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	87	13	0	0	0	0
MODELO 07	NORTE	MC	76	5	4	14	0	0	77	5	4	14	0	0	76	5	5	10	4	0	76	5	5	13	1	0
MODELO 08	SUL	MC	79	5	5	11	0	0	65	5	5	10	16	0	79	5	5	11	0	0	90	5	5	0	0	0
MODELO 10	OESTE	MC	51	16	10	14	9	0	68	17	15	0	0	0	87	13	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0

ANÁLISE PARA PAF 50% - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%,

MODELO	ORIENTAÇÃO	CIDADE	SB						CB						C2B						CBF					
			0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 01	NORTE	DF	48	11	11	16	14	0	49	11	11	17	13	0	63	12	10	10	5	0	63	12	10	10	5	0
MODELO 02	LESTE	DF	48	15	14	14	9	0	73	8	8	11	0	0	68	11	9	12	0	0	64	11	11	13	0	0
MODELO 03	OESTE	DF	49	10	14	14	13	0	73	8	7	8	4	0	73	8	6	8	5	0	71	9	8	9	3	0
MODELO 04	NORTE	FL	53	14	12	12	10	0	15	7	7	7	63	0	69	9	8	9	4	0	67	10	9	9	5	0
MODELO 05	LESTE	FL	30	12	9	10	39	0	75	8	8	9	0	0	75	8	8	9	0	0	79	9	9	6	0	0
MODELO 06	OESTE	FL	56	15	10	10	9	0	75	8	7	8	2	0	70	9	8	9	4	0	70	10	9	10	2	0
MODELO 07	NORTE	MC	53	13	12	13	9	0	36	6	6	6	43	0	57	14	11	11	7	0	56	13	12	12	7	0
MODELO 08	SUL	MC	59	13	10	10	7	0	65	11	9	9	5	0	46	13	13	14	14	0	65	11	9	9	6	0
MODELO 09	LESTE	MC	56	14	12	12	6	0	73	9	9	9	0	0	74	9	8	9	0	0	75	9	9	7	0	0
MODELO 10	OESTE	MC	38	17	15	16	15	0	71	9	8	9	2	0	61	8	8	9	13	0	75	12	12	1	0	0

ANÁLISE PARA PAF 75% - TABELA DE PORCENTAGEM DE ÁREA PARA DA=0%, DA=20%, DA=40%,

MODELO	ORIENTAÇÃO	CIDADE	SB						CB						C2B						CBF					
			0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
MODELO 01	NORTE	DF	42	8	8	12	26	0	44	9	9	15	23	0	48	12	13	14	13	0	48	12	13	14	13	0
MODELO 02	LESTE	DF	44	11	10	13	24	0	56	14	13	13	5	0	44	11	11	18	16	0	58	14	12	13	3	0
MODELO 03	OESTE	DF	39	12	11	15	24	0	61	12	13	10	3	0	60	13	13	8	7	0	61	11	11	9	10	0
MODELO 04	NORTE	FL	46	10	10	16	18	0	46	9	9	15	20	0	54	14	12	12	8	0	55	13	12	12	8	0
MODELO 05	LESTE	FL	47	15	15	14	10	0	67	11	9	10	4	0	32	11	10	10	36	0	51	15	13	13	8	0
MODELO 06	OESTE	FL	46	14	13	14	13	0	71	9	8	9	4	0	59	14	10	10	6	0	63	12	19	5	0	0
MODELO 07	NORTE	MC	46	10	10	17	18	0	48	12	13	16	10	0	47	10	11	18	14	0	0	0	0	0	50	50
MODELO 08	SUL	MC	47	12	13	15	12	0	20	14	13	14	41	0	51	13	13	14	10	0	52	14	13	13	9	0
MODELO 09	LESTE	MC	47	11	12	18	12	0	60	14	12	14	0	0	60	14	12	12	2	0	72	10	9	9	0	0
MODELO 10	OESTE	MC	29	17	13	17	24	0	55	15	12	12	6	0	57	14	11	11	6	0	68	12	11	9	0	0

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREASI, W. A.; ANDREASI, A. L. A.; PAIVA, G.; SILVA, J. N.; VERSAGE, R. S. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética de Edifícios no Brasil – Zona 6**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010
- ALUCCI, M. P.; SCARAZZATO, P. S. **Subsídios para normalização da iluminação natural no Brasil**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2.,1997, Salvador. Anais, Salvador: ANTAC, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-2**. 2005: Iluminação Natural Parte 2 – Procedimentos de Cálculo para a Estimativa da disponibilidade de Luz Natural, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3**. 2005: Iluminação Natural Parte 3 – Procedimentos de Cálculo para Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382**. 1985: Verificação de Iluminâncias de Interiores. Rio de Janeiro, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**. 1992: Iluminação de Interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5461**. 1992: Iluminação (terminologia). Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylight design of buildings**. London: James & James, 2002, 250p.
- BITTENCOURT, L. **Cartas Solares: Diretrizes para Arquitetos**. 4.ed. Maceió: Edufal, 2008, 109p.
- BOGO, A. J.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. **Controle Solar e Admissão de Luz Natural em Aberturas com Proteção Solar**. In: Encontro Nacional Sobre Conforto no ambiente Construído - ENCAC, 10, 2009. Natal. Anais... ANTAC. Natal/RN, 2009.
- BOGO, A. J. **Método para Avaliação da Admissão de Luz Natural Através de Aberturas com Elementos de Controle Solar**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BRASÍLIA. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2009: Ano base 2008/Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro, 2009. 274p.
- BROWN, G.Z.; DEKAY, A.S.M. **Sol, Vento e Luz**. Editora Bookman, 2004, 416p.

BUTERA, F. M. **Da caverna à casa ecológica**. História do conforto e da Energia. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2009, 320p.

CABÚS, R.; ARAÚJO, M.; MONTENEGRO, V. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 8**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

CARAM, NEVES, R. P. A. A.; CARAM, R. M. **Identificação das tecnologias para conforto ambiental e eficiência energética utilizadas pelos chamados edifícios inteligentes**. In: Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído e Conferência Latino-Americana de Conforto e Desempenho Energético de Edificações – ENCAC-COTEDI, 7, 2003. Curitiba. Anais... ANTAC. Curitiba/PR, 2003.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética da envoltória de edificações não residenciais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CONNOR, J.; LEE, E.; RUBINSTEIN, F.; SELKOWITZ, S. **Tips for Daylighting Whith Windows**. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, California: U.S. Department of Energy, 1997.

CUNHA, E. G. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural Método projetual buscando a eficiência energética nas edificações**. 2.ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006, 188p.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003, 287p.

CREMONINI, L. Tradução AMORIM, C. N. D. Luce, Luce Natural, Luce Artificiale. Itália: Alinea, 1995, 213p.

DIAS, A. F. A., GOMES; Vivian A.; CABÚS, R. C. **Componentes de Controle de Luz Natural em Salas de Aula e seu Desempenho Conforme a Orientação Solar do Edifício**. In: Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 10, 2009. ANTAC. Natal/RN, 2009.

DIDONÉ, E. **A Influência da Luz Natural na Avaliação da Eficiência Energética de Edifícios Contemporâneos de Escritório em Florianópolis/ SC**. 179f. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FIUZA, J. M. **Influência de Elementos de Proteção Solar Horizontais Aplicados a Aberturas Laterais, na Admissão e Distribuição da Luz Natural**. 184f. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FROTA, A.B. **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2004, 289p.

GHISI, E.; RAMOS, G.; SANTANA, M. V.; MINKU, P. M.; MOREIRA, C. S., COELHO, G. M. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 3**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; RAMOS, G. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e Conforto Térmico de Edifícios no Brasil**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

LIMA, T. B. S; **Qualidade Ambiental e Arquitetônica Em Edifícios de Escritórios: Diretrizes para Projetos em Brasília**. 2010. 275p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF.

LITTLEFAIR, P. **Daylighting and solar control in the building regulations**. Watford: Building Research Establishment Ltda, 1999.

LITTLEFAIR, I. **Daylight, sunlight and solar gain in the urban Environment**. Solar Energy, v. 70, n. 3, p. 177–185, 2001.

LOMARDO, L. L. B., VENÂNCIO, A. P., TRINDADE, L. G. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 5**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

MARAGNO, G. V. **Eficiência e Forma do Brise-Soleil na Arquitetura de Campo Grande – MS**. In: Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído - Encac, 8, 2005. ANTAC. Maceió/AL, 2005.

MARAGNO, G. V. **Eficiência e Forma do Brise-Soleil na Arquitetura de Campo Grande – MS**. 2000. 219f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MASCARÓ, L. E. **Iluminação Natural nos Edifícios**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.PROPAR, 1980.

MASCARÓ, L. E. **Luz, Clima, Arquitetura**. 3.ed. São Paulo: Editora Nobel, 1983, 189p.

MONTANER, Josep Maria. **As formas do século XX**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimatico para arquitectos y urbanistas**. 2.ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 2002, 203p.

PEDRINI, A. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 7.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

PEREIRA, R. C. **Avaliação de Ferramentas de Simulação de Iluminação Natural por meio de Mapeamento Digital da Abóbada Celeste e Entorno.** 2009. 174f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REINHART, C. F. **A simulation-based review of the ubiquitous window-head-height to daylit zone depth rule-of-thumb.** In: International Building Simulations Conference, 9., 2005, Montreal. Proceedings...Montreal: IBPSA, 2005.

REINHART, C. F. **Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design.** Ottawa: Institute for research in Construction National Research Council Canada, 2006.

REINHART, C. F.; SELKOWYTZ, S.E. **Guest Editorial: Daylighting- light, form, and people.** *Energy and Buildings*, Canadá, v.38, n.07, p. 715-717, 2006.

RORIZ, M.; BARBUGLI, R. A.; CARRIERES, K. M.; PRADO, M. F. A.; LOPES, A. C. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 4.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

ROBBINS, C. L. **Daylighting: Design and Analysis.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1986, 877p.

SANTOS, J. C. P.; FERREIRA, F.; BONATTO, L.; SARI, V. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 2.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica.** 210f. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, R.V.G.; PEREIRA, F. O. R. **Primeira estação de medição de iluminação natural em território brasileiro: análise dos dados dos dois primeiros anos de funcionamento.** *Ambiente Construído – AC*, 2008. Associação Nacional de Tecnologia de Ambiente Construído – ANTAC. Disponível em: <<http://seer.ufgrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3565/>>. Acesso em 10out.2010

SOUZA, R. V. G.; VELOSO, A. C. O.; MATTOS, T. R. **Proteção solar em Edificações – Desenvolvimento de Metodologia para Bonificação no RTQ-R.** In: Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 10, 2009. ANTAC. Natal/RN, 2009.

STEVENS, R.G.; REA, M. S. **Light in the built environment: potential role of circadian disruption in endocrine disruption and breast câncer.** Cancer Causes and Control. Chicago, v.12, 279-287p, 2001.

TIBIRIÇÁ, A. C. G; FERRAZ, R.; **Considerações para Projeto de Janelas em Edificações: Fatores Ambientais, Normativos e Tecnológicos.** In: Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído - Encac, 8, 2005. ANTAC. Maceió/AL, 2005

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura.** São Paulo: Virtus S/C Ltda, 2001, 362p.

XAVIER, A. A. P. **Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência de Edifícios no Brasil – Zona 1.** Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicações/relatórios-de-pesquisa/>>. Acesso em: 10 ago.2010

WEBB, A. R. **Considerations for lighting in the built environment: Non-visual effects of light.** Energy and Buildings. Manchester, v. 38, p. 721-727, 2006.