

## **ANÁLISE DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE COPA VEGETAL VISANDO OTIMIZAÇÃO DA OBSTRUÇÃO SOLAR EM AMBIENTES DE CLIMA TROPICAL**

**Alice Rück Drummond Dias (1); Aldomar Pedrini(2)**

(1) Doutoranda pelo Programa de Pós Graduação de Arquitetura e Urbanismo PPGAU/UFRN, Arquiteta e Urbanista, alicerdrummond@gmail.com, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN

(2) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, apedirni@ufrnet.ufrn.br  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética - LabCon, Caixa Postal 663, Natal - RN, 59066-800, Tel.: (84) 3215-3722

### **RESUMO**

A vegetação pode ser aplicada como estratégia de otimização ambiental de edifícios, melhorando as condições de conforto térmico e regulando a quantidade e qualidade da luz natural nos ambientes. Para tal aplicação, é necessário conhecimento das variáveis do paisagismo mais impactantes no desempenho edílico como a posição e distância da vegetação com relação a edificação, características de formato e porte da espécie vegetal, dentre outros aspectos, relacionando-os com o efeito de transmissão de calor, luz natural e aspectos microclimáticos. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes configurações e posições de copa vegetal, visando obstrução otimizada quanto ao desempenho térmico e luminoso em Natal/RN. A análise foi realizada através da simulação de diferentes tipos e posições de copa vegetal (copa esférica de pequeno, médio e grande porte e palmeira de pequeno e grande porte). Os casos foram modelados no programa Revit e obtidas máscaras de sombra no software Ecotect, permitindo verificar as frações da abóboda celeste obstruídas e não obstruídas e sua coerência com as recomendações de otimização para cidade de Natal/RN de clima tropical quente úmido. Os resultados apontam que as espécies de copa esférica de pequeno e médio porte a frente da abertura não possuem bom desempenho por obstruir demasiadamente a abóboda celeste, prejudicando a entrada de luz natural. As copas esféricas de grande porte possuem melhor desempenho, juntamente com as palmeiras na posição à frente da abertura, permitindo obstrução da radiação solar direta e liberando considerável fração de céu com luz solar difusa. Foi verificado que o afastamento das copas vegetais com relação a abertura pode prejudicar o desempenho, obstruindo fração de céu com luz difusa e não obstruindo a radiação direta indesejável. Este trabalho é parte da dissertação da discente Alice Rück Drummond Dias.

Palavras-chave: vegetação, conforto térmico, luz natural, sombreamento.

### **ABSTRACT**

The vegetation can improve thermal conditions and the quantity and quality of daylight. To that, it's necessary the right combination of the vegetation position on buildings, characteristics of the shape and size of the plant species, relating these aspects to the heat transmission, internal daylight and microclimate. Thus, the main objective of this study is to evaluate the obstruction of different configurations of vegetation to improve thermal and daylight conditions. The analysis was performed by simulating different types and positions of vegetable canopy (small, medium and large spherical canopy and small and large palm trees). They were modelled on Revit software and the shading masks were created on Ecotect software, to verify the sky obstructions to provide good performance in Natal/RN, Brazil, tropical city of warm humid climate. The results point out that small spherical crown species in front of the window do not perform well because they obstruct the sky too much, decreasing the entrance of daylight. The spherical crowns of medium and large plants perform better as the crown height rises, and the best results were obtained with palm trees, in front of the window, obstructing the direct solar radiation and allowing with considerable fraction of sky that provides diffuse daylight. It has been found that the wrong position of vegetation can impair performance, obstructing the fraction of the sky that provides diffuse light and not obstructing undesirable direct solar radiation. This work is part of the Alice Rück Drummond Dias dissertation.

Keywords: vegetation, thermal comfort, natural light, shading.

## 1. INTRODUÇÃO

O paisagismo pode ser abordado como estratégia bioclimática para otimização térmica de edifícios e redução de gastos energéticos (OLGYAY, 1963). A vegetação estrategicamente alocada sombreia e reduz a transferência de calor (condução, convecção e radiação) para o ambiente construído, contribuindo para a melhoria das condições de conforto térmico, principalmente em climas tropicais. Os efeitos mais comuns são: a redução da temperatura do ar, temperaturas superficiais e temperatura operativa, redirecionamento da ventilação, além de outros benefícios, como a melhoria da qualidade ambiental por meio de redução do ofuscamento, filtragem da luz, bem estar, filtragem do ar, privacidade visual, abrigo para a microfauna da região, equilíbrio do ecossistema, e produção de oxigênio (PAULA, 2004; IZARD, 1983).

O impacto do sombreamento vegetal na eficiência energética de edificações pode ser de até 60% durante os dias mais quentes de verão, conforme demonstra Parker e Barkaszi (1997) em estudo com medições em casa móvel com e sem vegetação em região de clima quente e úmido. Na África do Sul, Morakinyo et al. (2013) demonstrou o grande potencial do resfriamento passivo por meio da vegetação em edifícios no clima quente úmido, apontando diferenças de temperatura interior e exterior com pico de 5,4°C em ambiente com entorno não vegetado, enquanto ambiente semelhante não ultrapassou diferença de 2,4°C, devido ao efeito da vegetação como sombreamento.

Na integração da vegetação para iluminação natural, os estudos têm buscado principalmente aprofundar a caracterização vegetal e os efeitos da vegetação na disponibilidade e uniformidade da luz natural, para equacionar a necessidade de amenização térmica com luz natural suficiente e de qualidade (PIETROBON, 1999; MARQUES, 2012). Se devidamente projetado, o elemento de sombreamento pode aumentar o potencial de uso da luz natural em lugares com muita abundância de luz externa, como Natal/RN (CARVALHO, 2014; DIAS, 2016), porque reduz os grandes contrastes que podem ocasionar ofuscamento.

Com a disponibilidade de recursos computacionais, os programas de simulação dos comportamentos térmico, luminoso e de geometria solar se tornaram ferramentas usuais. Os softwares mais comuns e acessíveis são os de elaboração de máscaras de sombra como Ecotect e Solar Tool, que possibilitam modelar a vegetação a partir de simplificações geométricas para cada tipo de copa para avaliar a forma da obstrução e assim identificar os períodos de sombreamento ao longo do ano. Para que a vegetação possa se transformar em elemento de sombreamento eficaz é necessário conhecimento das variáveis do paisagismo mais impactantes no desempenho edilício como a posição e distância da vegetação com relação à construção, características de formato e porte da espécie, relacionando-as com o efeito na transmissão de calor, luz natural e aspectos microclimáticos (PAULA, 2004). Devem ser observados aspectos específicos do local, como orientação das aberturas, espécie utilizada (com sua conformação de copa e raiz), trajetória solar, clima local, dentre outros (FURTADO, 1994). A obstrução vegetal pode provocar diferentes efeitos conforme variação do distanciamento e configuração volumétrica do elemento vegetal, considerando que quanto mais baixa e afastada a vegetação da edificação, menor o impacto (Figura 1) (PIVETTA, 2010; FURTADO, 1994). De modo contrário, a escolha inadequada, pode resultar em efeitos negativos comprometendo os custos energéticos para resfriamento ou aquecimento das edificações conforme as estações do ano e localidade, como por exemplo o impedimento do aquecimento passivo em edificações em climas frios e obstrução da ventilação natural em edifícios em climas quentes.

Para clima quente úmido, o sombreamento da radiação direta nas aberturas e a otimização da ventilação devem ser as premissas para implantação da vegetação (PIVETTA, 2010), assim como a liberação da fração de céu com luz difusa para otimização da luz natural (CARVALHO, 2014). Logo, é necessário atentar que as escolhas das características de formato e porte das espécies vegetais estão além da estética, onde cada espécie tem uma capacidade de obstruir ou filtrar a radiação incidente e refletida (MASCARÓ, 1996), e atuar no desempenho e impacto ambiental da edificação.

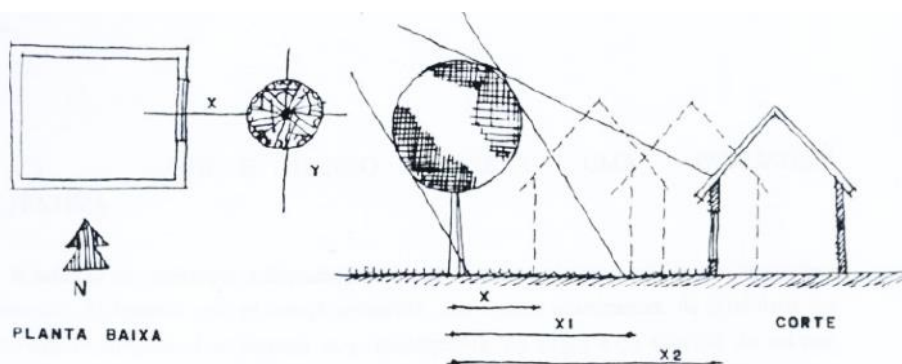


Figura 1 - Efeitos de sombreamento conforme a posição do elemento vegetal (Furtado, 1994)

Assim, os estudos afirmam a necessidade de compreender o perfil de sombreamento de diferentes possibilidades do paisagismo, para escolha de soluções otimizadas quanto à luz natural e à radiação térmica num determinado contexto climático.

## 2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo analisar o desempenho de diferentes configurações de copas vegetais por meio de diagramas de máscara de sombra, a fim de identificar configurações otimizadas de sombreamento que permitem melhor desempenho térmico e disponibilidade de céu visível otimizado quanto a luz natural de ambientes térreos em Natal/RN, de clima quente úmido.

## 3. MÉTODO

O trabalho avalia o desempenho de obstruções vegetais em ambientes a partir de três etapas principais: definição de modelos com configurações vegetais representativas, obtenção das máscaras de sombra; e análise dos resultados e identificação das combinações vegetais de melhor desempenho termo luminoso para ambientes na cidade de Natal/RN. A elaboração dos modelos combinou as características mais influentes da vegetação no desempenho de ambientes, como altura e formato da copa vegetal, além do posicionamento da vegetação com relação a abertura do ambiente. Foram analisados cinco tipos de configurações vegetais, sendo dois tipos de palmeira Areca-bambu (*Dypsis lutescens*) e Macaíba (*Acrocomia intumescens*), e três espécies arbóreas com copa esférica de pequeno, médio e grande porte (com copa de 5m, 7m e 12m de diâmetro, respectivamente), sendo estas medidas baseadas nas especificações do Plano de Arborização de Natal (2007). Foi considerado ambiente térreo com fachada de 5m de largura por 3m de altura, com abertura de 4m x 1,5m, representando PAF de 40%. Foram modeladas cinco diferentes possibilidades de inserção da vegetação em relação ao edifício. Na configuração “a” foi inserida uma espécie vegetal ao centro da abertura a uma distância de 2m do edifício, na configuração “b” mantém-se o distanciamento de 2m e são alocadas duas espécies vegetais, na configuração “c” são inseridas duas espécies vegetais porém com distanciamento de 5m do edifício, na configuração “d” mantém-se a distância de 5m do edifício porém as duas espécies são afastadas da posição à frente da janela, na configuração “e” mantém-se a posição das espécies afastada da frente da janela, porém a uma distância de 2m do edifício (Figura 2).



Figura 2 - Situações de posicionamento da vegetação em relação a abertura dos modelos simulados.

Ao total foi analisado o desempenho de obstrução de 25 casos, obtidos por meio do cruzamento das configurações de posicionamento das espécies vegetais selecionadas com relação a janela (Figura 3).

| Tipo de Espécie vegetal                          | Volumetria dos modelos analisados |           |           |           |           |
|--|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Tipo 01</b><br>Copa esférica<br>Pequeno porte | <br>1 (a)                         | <br>1 (b) | <br>1 (c) | <br>1 (d) | <br>1 (e) |
| <b>Tipo 02</b><br>Copa esférica<br>Médio porte   | <br>2 (a)                         | <br>2 (b) | <br>2 (c) | <br>2 (d) | <br>2 (e) |

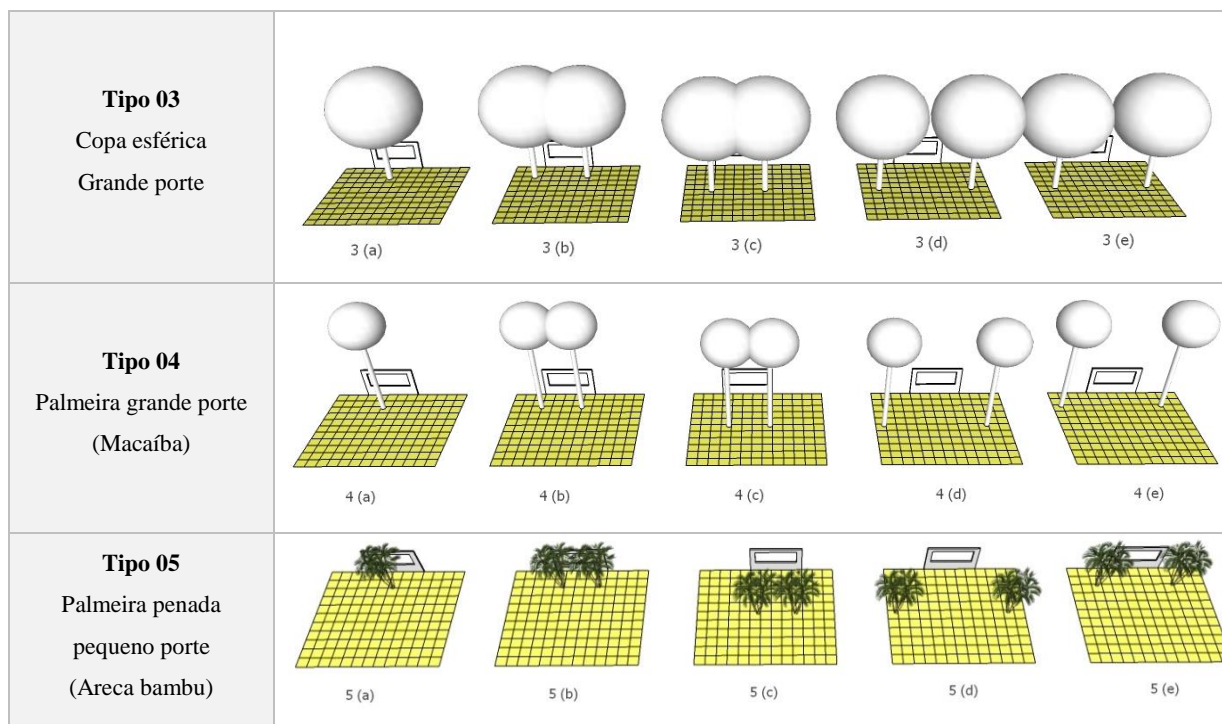


Figura 3 – Volumetria dos 25 modelos avaliados.

Os modelos foram importados na extensão .3ds para o software Ecotect e o perfil de sombreamento dos casos analisados foi gerado através de máscara de sombra do tipo estereográfico 12 – totalmente sombreado, conforme os dados geográficos da cidade de Natal / RN. Cada caso foi analisado na situação de abertura para orientação norte e para leste, visando representar os comportamentos possíveis de obstrução solar, visto a similaridade na máscara de sombra de Natal / RN entre o comportamento da trajetória solar da orientação norte com a sul e leste com a oeste.

Para classificação do desempenho da obstrução solar dos modelos, foram consideradas as estratégias bioclimáticas de conforto térmico e luminoso para o clima quente úmido, que indicam a necessidade de obstrução da radiação solar direta (RODRIGUES, 2014; VENANCIO, 2007) e desobstrução da fração de céu que proporciona luz natural difusa (CARVALHO, 2014; MORENO, 2015). Os resultados foram classificados quanto ao desempenho do sombreamento por meio de legenda cromática que correspondem a: casos **otimizados** quando a vegetação obstrui a radiação solar direta na abertura; casos **subestimados** quando não bloqueiam a radiação direta (desaconselhável em Natal/RN por possibilitar ganho térmico da edificação e grandes contrastes/ofuscamento conforme Carvalho (2014)); **superestimados** quando bloqueiam excessivamente a radiação solar difusa (que fornece luz natural aos ambientes) e a radiação direta; e situações **ineficientes** quando bloqueiam a radiação solar difusa e não bloqueiam a radiação solar direta (Figura 4). O período crítico quanto a radiação solar direta é considerado a partir das 11:30, conforme indicado no Anexo do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2012).





| Classificação dos Resultados  | Critérios                    |                                 |                              |                                 |
|---|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
|   | Obstrução da radiação direta | Desobstrução da radiação direta | Obstrução da radiação difusa | Desobstrução da radiação difusa |
|  Otimizado     | X                            |                                 |                              | X                               |
|  Superestimado | X                            |                                 | X                            |                                 |
|  Subestimado   |                              | X                               |                              |                                 |
|  Ineficiente   |                              | X                               | X                            |                                 |

Figura 4 – Classificação do desempenho da obstrução solar dos modelos.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

As Figuras 5 e 6 apresentam os resultados dos modelos quanto as obstruções solares na abertura do ambiente para orientação norte e leste das 25 diferentes configurações vegetais, formadas pelas 5

combinações de tipos vegetais (espécie arbórea de pequeno porte - Tipo 1, espécie arbórea de médio porte - Tipo 2, espécie arbórea de grande porte - Tipo 3, palmeira de pequeno porte Tipo 4 e palmeira de grande porte tipo 5) em 5 diferentes posicionamentos da vegetação com relação a abertura.

Observa-se que os modelos com espécie arbórea de pequeno porte, posicionados à frente da abertura (configurações a e b) apresentam obstrução solar superestimada na janela do ambiente, sombreando a radiação direta (desejável), porém sombreamento também a fração de céu que proporciona luz natural difusa ao ambiente, nas orientações norte e leste. Nas configurações da vegetação com afastamento da abertura (posições c, d, e) as obstruções provocadas pela vegetação são ineficientes, não sombreando o horário mais crítico com radiação solar intensa ou obstruindo apenas a fração de céu com radiação solar difusa.

As máscaras de sombra dos modelos com espécie arbórea de médio porte, também se mostram superestimadas (configurações a e b) ou são ineficientes nas posições c, d, e, porém é possível perceber que a medida que o caule da vegetação se torna mais alto, a copa tende a obstruir de forma mais otimizada a fração de céu que coincide com a trajetória do sol.

Os modelos com espécie arbórea de grande porte apresentam obstrução otimizada nas posições a, b, c, uma vez que obstruem a radiação direta e conseguem desobstruir radiação difusa, proporcionando sombreamento da radiação direta para conforto térmico no clima quente úmido e permite entrada de luz natural pela fração de céu visível. Nas posições d, e, a vegetação não sombreia a fração do céu com radiação solar crítica do horário de pico, porém aproxima-se deste, em relação aos casos de vegetação de pequeno e médio porte.

As obstruções realizadas por palmeira de grande porte (macaíba) possibilitam obstrução solar que coincide com o período crítico da radiação solar direta, porém pela distância da copa vegetal da abertura, por vezes essa copa se apresenta pequena para obstruir toda a área da radiação solar direta onde é desejável o sombreamento. A obstrução é otimizada nas posições a e b, a frente da abertura. As palmeiras de pequeno porte tem bom desempenho nas posições a e b e são ineficazes nas demais posições, assim como na palmeira de grande porte.

Os resultados revelam, em termos de geometria, a necessidade de cuidado com a obstrução por mais de um elemento vegetal onde estes devem possuir sobreposição de parte da copa próxima à outra copa vegetal, para eficácia do sombreamento, evitando áreas desobstruídas que coincidem com o período mais crítico quanto a radiação solar, como é possível observar na Figura 5, onde a máscara Tipo 2b causada por dois elementos vegetais possui área triangular desobstruída entre as duas copas.

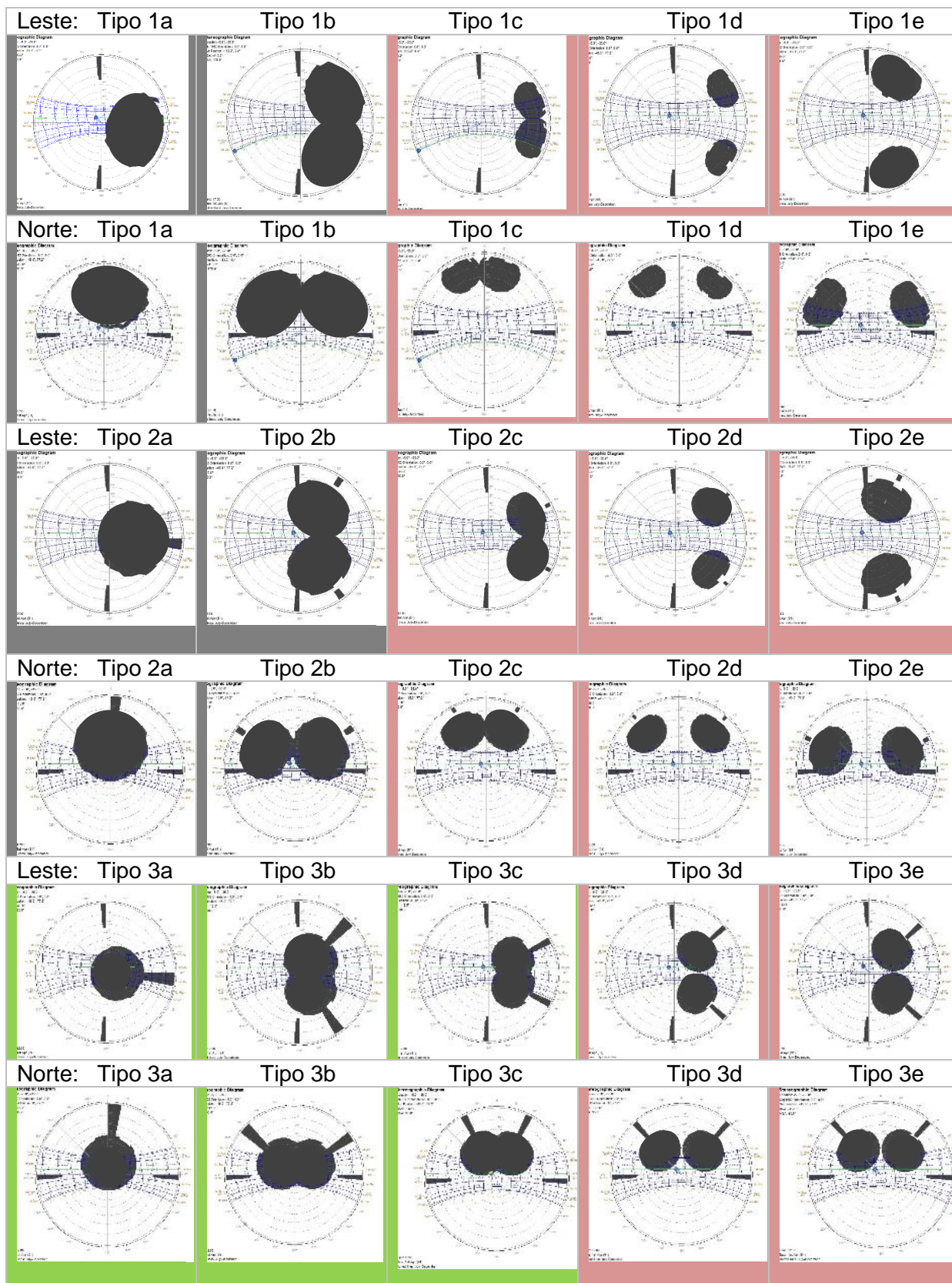


Figura 5 – Resultado das obstruções solares dos modelos.

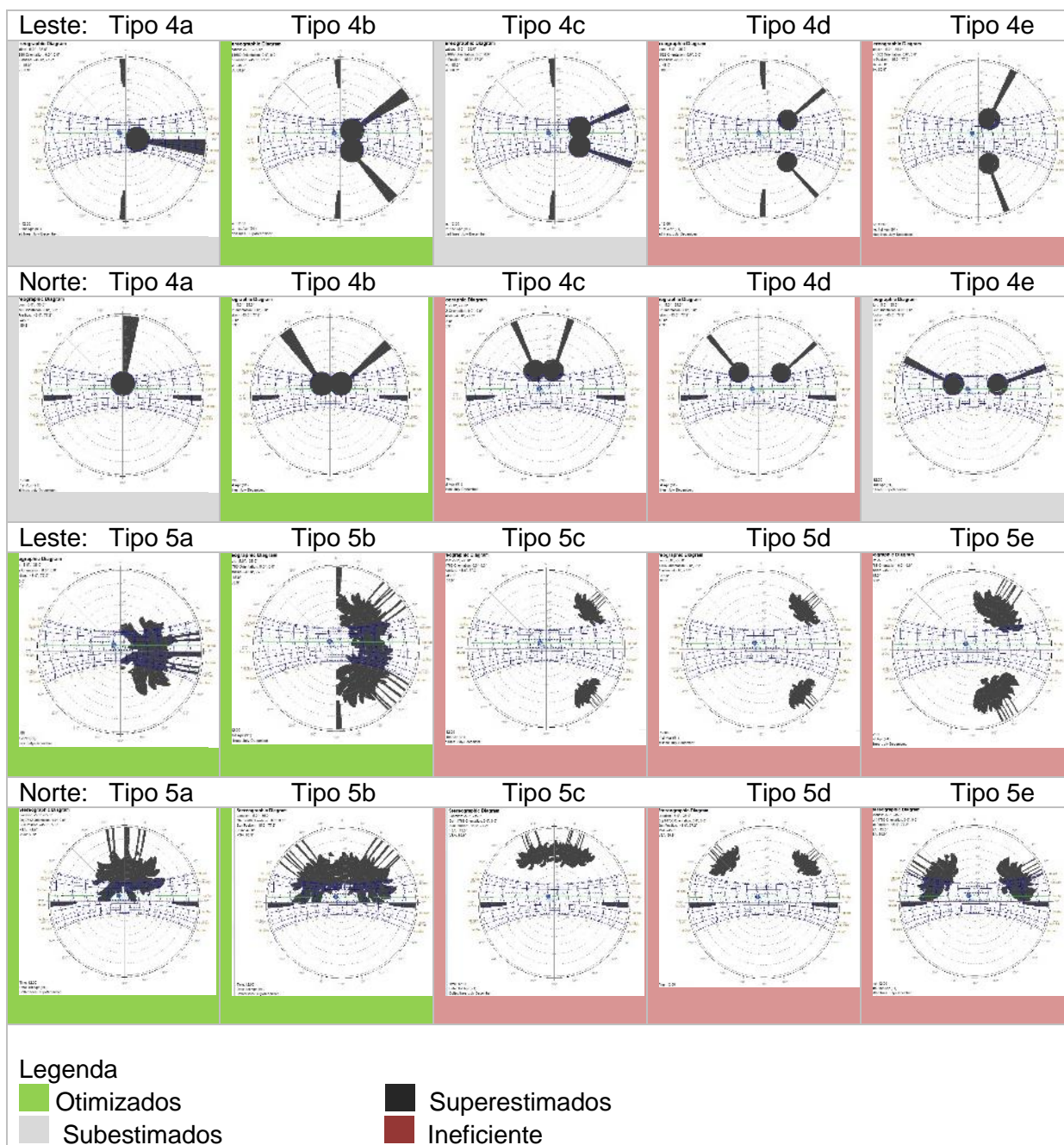


Figura 6 – Resultado das obstruções solares dos modelos (Continuação).

Quanto a orientação solar das aberturas, os resultados demonstram que os desempenhos otimizados para norte coincidem com os casos otimizados para o leste. A única exceção é a Palmeira Grande Porte na posição “e”, que varia entre sombreamento ineficaz e subestimado, para leste e norte, respectivamente.

A Tabela 1 sistematiza os dados das Figuras 5 e 6 apresentando a quantidade de casos com sombreamento considerado quanto ao desempenho térmico e fração de céu que favorece à luz natural, para cada tipo de vegetação analisada, identificando as posições vegetais dos casos otimizados. Consta-se que a vegetação com copa esférica de grande porte possui 6 casos com configurações de desempenho otimizado, Palmeira pequeno porte, 4 casos, e palmeira grande porte, 2 casos. Nas copas esféricas de pequeno e médio porte, as obstruções apresentam-se todas ineficientes ou superestimadas.

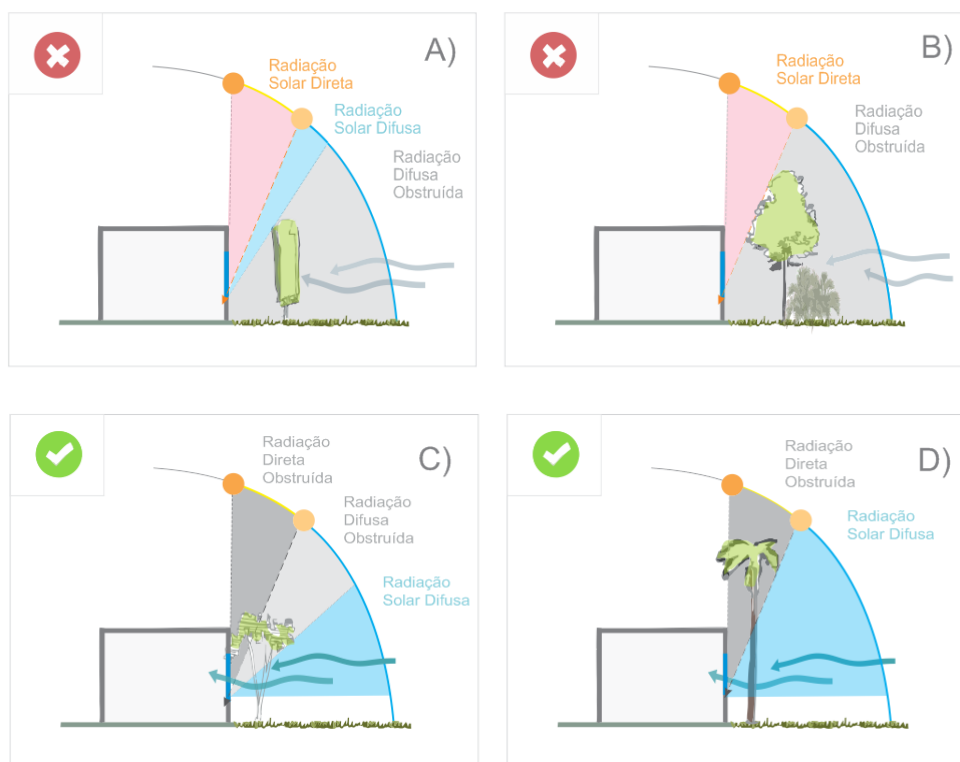
Tabela 1– Resumo do desempenho das obstruções solares dos modelos

| Tipo de Vegetação           | Ocorrência de obstrução solar otimizada - térmico e luminoso |   |
|-----------------------------|--|---|
|                             | Quantidade de casos e seu desempenho                         | Posições Vegetais dos casos otimizados  |
| Copa esférica pequeno porte | ●●●●●●●●●●   | -                                       |
| Copa esférica médio porte   | ●●●●●●●●●●   | -                                       |
| Copa esférica grande Porte  | ●●●●●●●●●●   | a / b / c (distância de 5m da abertura) |
| Palmeira Grande Porte       | ●●●●●●●●●●   | b (à frente da abertura)                |
| Palmeira pequeno porte      | ●●●●●●●●●●   | a / b (à frente da abertura)            |

Legenda:

- Obstrução com desempenho otimizado
- Obstrução com desempenho subestimado
- Obstrução com desempenho ineficiente
- Obstrução com desempenho superestimado

A Figura 7 demonstra em ilustração esquemática situações de obstrução da vegetação encontradas na análise, com a fração de céu preferível (luz difusa na cor azul nas imagens A, C, D, E da Figura 7) e a fração que se deve ser obstruída (luz direta em vermelho nas imagens A e B). Na Figura 7, as configurações dos casos C, D e E atendem aos princípios de otimização; os casos A e B não atendem; e o caso F com obstrução total tem seu desempenho dependente da transparência vegetal para incidência da luz natural (com permeabilidade a ventilação reduzida).





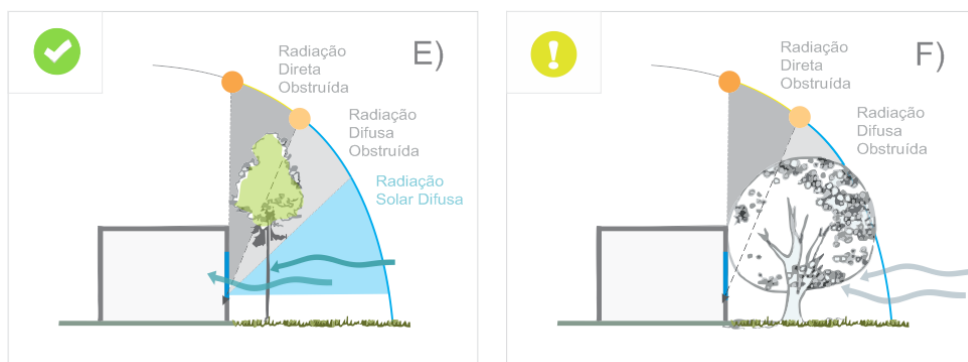


Figura 7 – Situações do perfil de obstrução de elementos vegetais nos trópicos.

## 5. CONCLUSÕES

O estudo permitiu análise do comportamento da vegetação na obstrução solar da latitude em questão, identificando as melhores combinações para obtenção de desempenho térmico e luminoso em ambientes. A partir das combinações de posição e geometria das espécies vegetais, é visto o potencial de integração da vegetação à edificação para melhoria do desempenho térmico e luminoso, permitindo mitigar o desconforto térmico ao calor e obter luz natural difusa nos ambientes, contribuindo para eficiência energética dos edifícios, além dos demais benefícios ambientais advindos das vegetações e áreas verdes em meios urbanos. Os resultados demonstram que a vegetação com copa esférica de pequeno e médio porte não possuem desempenho otimizado em nenhuma das posições estudadas, pela excessiva obstrução a luz natural. Os melhores desempenhos foram para a vegetação com copa esférica de grande porte nas posições em frente a abertura e afastada a 5 metros da edificação, palmeira de pequeno porte na posição em frente a abertura e palmeira de grande porte a frente da abertura apenas na disposição de mais de um elemento vegetal. Através da análise pode-se concluir que copas a frente da abertura obstruem demasiadamente a abertura, reduzindo a possibilidade de entrada da luz natural, à medida que o caule da vegetação aumenta, tende a se obter melhor resultado, obtendo-se visibilidade do céu da área com luz natural difusa, até que quando a vegetação possui caule muito extenso (como no caso de palmeira de grande porte) a obstrução começa a se tornar insuficiente para obstrução da radiação solar direta.

Trabalhos desta natureza visam fornecer subsídios para profissionais relacionados a concepção de edifícios e concepção de jardins/áreas verdes no entorno de edifícios, visando unir estas duas temáticas em busca de otimização ambiental, eficiência energética, estímulo ao paisagismo eficiente e integrado ao edifício. É válido salientar que a relação da proximidade da vegetação em edifícios também é definida considerando questões de outras naturezas como segurança, entrada de animais, configuração da raiz do vegetal, dentre outros, e não apenas do ponto de vista da incidência de radiação solar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, J. P. V. D. **Simulação de desempenho luminoso para salas de aula em Natal –RN**. 2014. (Mestrado). Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.
- FURTADO, Adma Elias. **Simulação e Análise da Utilização da Vegetação como Anteparo às Radiações Solares em uma Edificação**. 1994. (Mestrado). Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- DIAS, ALICE R. D. **Análise do impacto do sombreamento vegetal no conforto termoluminoso de edificações no clima quente e úmido**. 2016. (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal.
- MORENO, VANY PATRICK CORTEZ. **Estratégias para obtenção de adequada iluminação natural em escolas: uma análise de sistemas de aberturas para Natal/RN**. 2015. (Mestrado). Departamento de Pós-graduação em arquitetura e urbanismo, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, Natal.
- IZARD, Jean-Louis, GUYOT, Alain. **Tecnología y Arquitectura – Arquitectura Bioclimática**. México, D.F.: Gustavo Gili, 1983.
- MARQUES, M. P. P. **Análise da eficiência de elementos de proteção solar em relação ao sombreamento e a iluminação natural estudo de caso: salas de aula do capos I da UFBP**. 2012. (Mestrado). Programa de pós-graduação em Engenharia Urbana e ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa.
- MORAKINYO, T. E.; BALOGUN A. A.; ADEGUN, O. B. **Comparing the effect of trees on thermal conditions of two typical urban buildings**. v.3, p.76-93, Maio 2013. Urban Climate: Elsevier, 2013.
- OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1963. 190.

- PARKER, D. S.; BARKASZI, S. F. Jr. **Roof solar reflectance and cooling energy use: Field research results from Florida.** Energy and Building. 25: 105-115, 1997.
- PAULA R. Z. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído.** 2004. (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- PIETROBON, C. E. **Luz e calor em ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo: conflito ou compromisso com a conservação de energia?** 2 V. Florianópolis, 1999 V.1 270p. V.2 177p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- PIVETTA J. **Influência de elementos paisagísticos no desempenho térmico de edificação térrea.** 2010. (Mestrado). Programa de Pós Graduação e, Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.