



## ALTERNATIVAS ARQUITETÔNICAS PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA NO USO DE ENERGIA ELÉTRICA POR EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Marcia Marques de Queiroz Carvalho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.

Orientador: Emilio Lebre La Rovere

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2011

ALTERNATIVAS ARQUITETÔNICAS PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA  
NO USO DE ENERGIA ELÉTRICA POR EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Marcia Marques de Queiroz Carvalho

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

---

Prof. Emilio Lebre La Rovere, D.Sc.

---

Prof. Aldo Carlos de Moura Gonçalves, D.Sc.

---

Profa. Maria Silvia Muylaert de Araujo, D.Sc.

---

Dr. Amaro Olimpico Pereira Junior, D.Sc.

---

Dr. Ricardo Gorini de Oliveira , D.Sc.

---

Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FEVEREIRO DE 2011

Carvalho, Marcia Marques de Queiroz

Alternativas arquitetônicas para o aumento da eficiência no uso de energia elétrica por edifícios comerciais /Marcia Marques de Queiroz Carvalho. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XIV, 407 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Emilio Lebre La Rovere.

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/  
Programa de Planejamento Energético, 2010.

Referências Bibliográficas: p. 287-296.

1. Eficiência Energética. 2. Proteção das fachadas. 3. Simulação no VisualDoe. 4. Edifício Comercial. I. La Rovere, Emilio Lebre. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

Este trabalho é dedicado ao meu marido  
Edival e nossos filhos, Felipe e Frederico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde, disposição e alegrias obtidas durante a minha vida pessoal e acadêmica.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro e ao corpo docente do Programa de Planejamento Energético pela acolhida, crescimento pessoal e profissional, auxílio e incentivo durante o Doutorado.

À Universidade Federal Fluminense – UFF e ao corpo docente da qual faço parte pelo incentivo e apoio.

Ao Professor Aluisio Campos Machado, por ter aceitado inicialmente a minha orientação permitindo o desenvolvimento deste trabalho. Ao Professor Emilio Lebre La Rovere por ter assumido a minha orientação após o afastamento do Professor Aluisio Campos Machado, pela orientação na revisão do artigo e pela confiança no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Professor Aldo Carlos de Moura Gonçalves, pela colaboração na orientação, confiança, amizade, incentivo, dedicação e revisão deste trabalho.

A professora Cláudia Barroso Krause pelo apoio e dicas importantes.

Ao meu querido esposo, Edival, meus filhos Felipe e Frederico, meus pais e sogros, pelo carinho, amparo, motivação e estímulo.

Ao Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL), nas pessoas dos engenheiros João Carlos Rodrigues Aguiar, Alessandra Nogueira Vallim e Fernando de Souza Midão, pela utilização do programa VisualDOE 2.16 em seus laboratórios e pela suas valiosas contribuições na manipulação do mesmo.

As equipes de manutenção do Città América, em especial ao Engenheiro Ricardo Silvino, e da empresa alocada no bloco em estudo, aos amigos, colegas de

doutorado e a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

## ALTERNATIVAS ARQUITETÔNICAS PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA NO USO DE ENERGIA ELÉTRICA POR EDIFÍCIOS COMERCIAIS

Marcia Marques de Queiroz Carvalho

Fevereiro/2011

Orientadores: Emilio Lebre La Rovere

Programa: Planejamento Energético

Os sistemas de ar condicionado em edifícios comerciais no Brasil são responsáveis por cerca de 70% do seu consumo de energia elétrica. De acordo com BEN 2009 (Balanço Energético Nacional), o consumo de energia nos setores residencial, comercial e público, onde a maioria dos edifícios se encontra, representa 16% do consumo final de energia no Brasil. Este trabalho tem por objetivo analisar as variáveis de projeto que podem contribuir para reduções no consumo de energia elétrica em edifícios comerciais, com ênfase em ar condicionado. As simulações foram realizadas utilizando reatores eletrônicos dimerizáveis, sombreamento, diferentes tipos de vidro, paredes, pisos e telhados. O VisualDOE 2,61 foi utilizado como uma ferramenta de simulação para o cálculo do consumo de energia elétrica do edifício analisado. Este trabalho mostra que o desempenho energético do edifício é bastante influenciado pela fachada e expõe, através de tabelas, o impacto que as decisões relativas à cobertura e fachadas têm sobre o consumo energético do edifício. Conclui-se, os resultados confirmam, a importância de levar em conta o uso de energia nas fases iniciais do projeto (concepção), uma vez que escolhas adequadas de tipos de vidro, sombreamento externo, aberturas e materiais utilizados nas fachadas e cobertura tem um impacto significativo no consumo de energia elétrica dos edifícios.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

ARCHITECTURAL ALTERNATIVES FOR INCREASING ELECTRIC ENERGY EFFICIENCY FOR COMMERCIAL BUILDINGS

Marcia Marques de Queiroz Carvalho

February/2011

Advisors: Emilio Lebre La Rovere

Department: Energy Planning

Air conditioning systems in commercial buildings in Brazil are responsible for about 70% share of their energy consumption. According to BEN 2009 (The Brazilian Energy Balance), energy consumption in the residential, commercial and public sectors, where most buildings are found, represents 16% of the final energy consumption in Brazil. This paper aims to examine design factors that could contribute to greater reductions of electric energy consumption in commercial buildings, with emphasis on air conditioning. Simulations were carried out using electronic reactors controllers of light, shades and different types of glass, walls, flooring and roofing. The VisualDOE 2.61 was used as a simulation tool for calculating energy consumption of the analyzed building. This paper shows that the energy performance of the building is considerably influenced by the façade protection and shows, through tables, the impact that decisions related to the top level and façades have on the energy consumption of the building. The authors concluded that the results confirm the importance of taking energy use into account in the very first design stages of the project, since appropriate choices of types of glass, external shading and envelope materials have a significant impact on energy consumption.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 CAPÍTULO 1 ASPECTOS HISTÓRICOS E CONCEITUAIS RELACIONADOS COM A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O MEIO AMBIENTE, CONTEXTUALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DA PESQUISA</b>	8
2.1 ENERGIA	12
2.2 MEIO AMBIENTE E IMPACTO AMBIENTAL	18
2.3 POLUIÇÃO AMBIENTAL	28
2.4 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E CONFORTO AMBIENTAL	31
2.5 A IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	37
2.6 A EMPRESA E O MEIO AMBIENTE	58
<b>3 CAPÍTULO 2 CONTEXTUALIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DA PESQUISA</b>	64
3.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL - O SETOR COMERCIAL - PRÉDIO COMERCIAL – EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS	64
3.2 O EDIFÍCIO INTELIGENTE	75
3.3 MÉTODOS DE SUSTENTABILIDADE DO PROJETO. ASPECTOS RELACIONADOS AO EDIFÍCIO - PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	83
3.3.1 Projeto, Material e Sistema Construtivo	90
3.3.2 Gerenciamento dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar, bombeamento de água e de transporte vertical	97
3.4 VARIÁVEIS DE MAIOR IMPORTÂNCIA NA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE	102
<b>4 CAPÍTULO 3 SIMULAÇÃO - FERRAMENTA PARA QUANTIFICAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS</b>	124
4.1 OBJETIVO	124
4.2 METODOLOGIA E CRITÉRIO DE ESCOLHA DO EDIFÍCIO	125
4.3 MODELOS DE SIMULAÇÃO VISANDO O AUMENTO DA EFICIÊNCIA NO USO DE ENERGIA ELÉTRICA POR EDIFÍCIOS COMERCIAIS	131
4.4 DOE-2 / VISUALDOE – INTRODUÇÃO E BASE TEÓRICA	135
4.5 AVALIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> DE SIMULAÇÃO VISUALDOE	138
<b>5 CAPÍTULO 4 ESTUDO DE CASO</b>	166
5.1 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO PRÉDIO EM ESTUDO	166
5.2 SIMULAÇÃO DO CASO BASE	175
5.2.1 Cenário Climático de Simulação	193
5.3 ANÁLISE PRELIMINAR DA INSOLAÇÃO SOBRE A EDIFICAÇÃO	195
5.4 COMPARAÇÃO ENTRE O CASO DE REFERÊNCIA MEDIDO E O CASO SIMULADO DE BASE – A CALIBRAÇÃO	197
5.5 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL E ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS PARA CARATERIZAÇÃO DO PRÉDIO EFICIENTE EM TERMOS ENERGIA ELÉTRICA – EFEITOS DA APLICAÇÃO DE VARIAÇÕES PARAMÉTRICAS - SIMULAÇÕES	211
5.5.1 Cenário 1 - Alterações de cobertura no edifício existente	215
5.5.2 Cenário 2 – Alterações de fachada no edifício existente	221
5.5.3 Cenário 3 - Mudança de orientação solar no edifício existente	230
5.5.4 Cenário 4 - Outras Alternativas	232
5.5.5 Cenário 5 - Alternativas Combinadas	237
<b>6 CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM</b>	

<b>EDIFÍCIOS</b>	239
6.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	239
6.2 CONCLUSÕES QUANTO AO PROGRAMA VISUALDOE VERSÃO 2.61	274
6.3 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	278
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	287
<b>ANEXOS</b>	297
ANEXO A - <i>LAYOUT</i> PADRÃO DA CONSTRUTORA (ANTERIOR A OCUPAÇÃO DA EMPRESA), CORTES E FACHADAS.	298
ANEXO B - SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	307
ANEXO C - BIBLIOTECA CONSTRUTIVA	338
ANEXO D - BLOCOS E ZONAS	352
ANEXO E - <i>SCHEDULES</i>	370
ANEXO F - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS ELEVADORES E TABELA COM O CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGIA	381
ANEXO G - DADOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO CONSIDERADOS NAS SIMULAÇÕES	384
ANEXO H - VISUALDOE <i>RESULTS</i> E GRÁFICOS	389

## LISTA DE FIGURAS:

<b>Fig. 1.1:</b> Recursos Energéticos	13
<b>Fig. 1.2:</b> Interação entre a empresa, o mercado, sociedade e órgãos de controle ambiental.	60
<b>Fig. 1.3:</b> Componentes do critério moderno de qualidade.	60
<b>Fig. 1.4:</b> Método geral de solução preventiva para o edifício inteligente. Adaptado de LORA	63
<b>Fig. 2.1:</b> Perfil típico da carga de ar condicionado de um edifício comercial	112
<b>Fig. 2.2:</b> Conjunto de elementos ligados em circuito fechado no ciclo de refrigeração – representação esquemática.	115
<b>Fig. 2.3:</b> Ciclo do Ar - representação esquemática.	116
<b>Fig. 2.4:</b> <i>Self Contained</i> - classificação	117
<b>Fig. 2.5:</b> Ciclo de um sistema de expansão indireta – <i>Fancoil</i>	119
<b>Fig. 2.6:</b> Sistema de Volume de Ar Constante e Temperatura Variável - <i>Fancoil</i>	121
<b>Fig. 2.7:</b> Sistema de VAV- <i>Fancoil</i>	122
<b>Fig. 2.8:</b> Sistema com armazenamento de água	123
<b>Fig. 3.1:</b> Estrutura do Programa DOE-2. 1E	136
<b>Fig. 3.2:</b> <i>Folder Project</i> - Editor de dados globais da edificação	140
<b>Fig. 3.3:</b> <i>Folder Blocks</i> - Editor de blocos	141
<b>Fig. 3.4:</b> Desenho com as indicações de <i>FFHt</i> e <i>PlnHt</i> considerados pelo Programa VisualDOE	143
<b>Fig. 3.5:</b> <i>3D viewer</i> – visualização em três dimensões do edifício estudo de caso	144
<b>Fig. 3.6:</b> <i>Folder Zones</i> - Editor de zoneamento	145
<b>Fig. 3.7:</b> <i>Folder Façade</i> - Editor de fachadas	146
<b>Fig. 3.8:</b> <i>Exterior Shade for Base Case</i>	148
<b>Fig. 3.9:</b> <i>Folder Systems</i> - Editor de sistemas	149
<b>Fig. 3.10:</b> <i>Central Plant Editors</i>	150
<b>Fig. 3.11:</b> <i>HVAC System and Plant Editors</i>	151
<b>Fig. 3.12:</b> <i>Supply fan</i>	152
<b>Fig. 3.13:</b> <i>Cooling</i>	152
<b>Fig. 3.14:</b> <i>Folder Zone Air</i> - Editor de zoneamento de ar	153
<b>Fig. 3.15:</b> <i>Day Schedules Folder</i> - Biblioteca de perfis de utilização	155
<b>Fig. 3.16:</b> <i>Holidays Folder</i> - Biblioteca de perfis de utilização	156
<b>Fig. 3.17:</b> <i>Schedules Folder</i> - Biblioteca de perfis de utilização	157
<b>Fig. 3.18:</b> <i>Occupancies Folder</i> - Biblioteca de perfis de utilização	158
<b>Fig. 3.19:</b> <i>Climate Editor</i> - Biblioteca de arquivos climáticos	159
<b>Fig. 3.20:</b> <i>Constructions Folder</i> - Biblioteca de dados construtivos	160
<b>Fig. 3.21:</b> <i>Fenestrations Editor</i> – Editor de vidros	162
<b>Fig. 3.22:</b> <i>Miscellaneous Energy Use for Base Case</i>	164
<b>Fig. 4.1:</b> Implantação da edificação no lote	167
<b>Fig. 4.2:</b> Localização da edificação na malha urbana	168
<b>Fig. 4.3:</b> Vista externa das fachadas - bloco 4, Citta Office	169
<b>Fig. 4.4:</b> Fachada e corte do bloco E – Citta Office	169
<b>Fig. 4.5:</b> Sombreamento por elementos externos a edificação	171
<b>Fig. 4.6:</b> Carta solar para orientação de 5°	196
<b>Fig. 4.7:</b> Carta solar para orientação de 95°	196
<b>Fig. 4.8:</b> Carta solar para orientação de 185°	196
<b>Fig. 4.9:</b> Carta solar para orientação de 275°	196

**LISTA DE TABELAS:**

<b>Tabela 1.1:</b> Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)	46
<b>Tabela 2.1:</b> Níveis de iluminância médios recomendados pela norma NBR 5413	105
<b>Tabela 2.2:</b> Principais características das lâmpadas	107
<b>Tabela 2.3:</b> Classificação das luminárias	108
<b>Tabela 4.1:</b> Comparativo de áreas úteis antes e após a ocupação	171
<b>Tabela 4.2:</b> Contas de consumo de energia elétrica do edifício estudo de caso - média de 2006	182
<b>Tabela 4.3:</b> Cálculo da potência considerada nos equipamentos utilizados nas Zonas	184
<b>Tabela 4.4:</b> Potência considerada nos equipamentos utilizados nas Zonas	185
<b>Tabela 4.5:</b> Comparação entre dados do vidro existente e do vidro adotado no programa	191
<b>Tabela 4.6:</b> Cálculo de consumo de energia elétrica dos elevadores no programa	193
<b>Tabela 4.7:</b> Comparativo com simulações do número de superfícies externas	202
<b>Tabela 4.8:</b> Modelo teste simplificado – comparativo de consumo de energia elétrica	205
<b>Tabela 4.9:</b> Modelo teste com janelas – comparativo de consumo de energia elétrica em função do teto da cobertura	206
<b>Tabela 4.10:</b> Modelo teste com janelas – comparativo de consumo de energia elétrica em função do teto do terceiro pavimento	207
<b>Tabela 4.11:</b> Adaptação do modelo – comparativo de alturas dos pavimentos	208
<b>Tabela 4.12:</b> Condições estabelecidas usadas no caso simulado de base após a calibração	210
<b>Tabela 4.13:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e proteção externa para prismas centrais	216
<b>Tabela 4.14:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e colocação de pérgulas com vegetação no terraço cobertura	216
<b>Tabela 4.15:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e pérgulas 4m terraço da cobertura	217
<b>Tabela 4.16:</b> Dados técnicos da terra úmida	218
<b>Tabela 4.17:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e substituição telha do telhado e da cobertura por vegetação	218
<b>Tabela 4.18:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e substituição piso cobertura - vegetação	219
<b>Tabela 4.19:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e substituição da laje da cobertura	220
<b>Tabela 4.20:</b> Resultados das alternativas de coberturas simuladas no VisualDOE	220
<b>Tabela 4.21:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e árvores sombreamento das fachadas	222
<b>Tabela 4.22:</b> Comparativo consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e as simulações 9° à 20°	224
<b>Tabela 4.23:</b> Dados Técnicos dos vidros simulados	225
<b>Tabela 4.24:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e brises verticais em vidro fachada Norte	225
<b>Tabela 4.25:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e alvenaria com 40% de vidro incolor 6mm	226
<b>Tabela 4.26:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e alv. 40% de vidro incolor 6mm .40 infiltr.	226
<b>Tabela 4.27:</b> Dados técnicos da parede PARALV efíc	227

<b>Tabela 4.28:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e tijolo + isopor 40% de vidro incolor 6mm	227
<b>Tabela 4.29:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e isopor + tijolo 40% de vidro incolor 6mm	228
<b>Tabela 4.30:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e alvenaria com 40% de vidro SS08	228
<b>Tabela 4.31:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e isopor + tijolo com 40% de vidro SS08	229
<b>Tabela 4.32:</b> Indica as alternativas de fachadas simuladas no VisualDOE bem como seus resultados	229
<b>Tabela 4.33:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e o mesmo caso base sem sombreamento externo	231
<b>Tabela 4.34:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base sem sombreamento externo e diferentes orientações do edifício	231
<b>Tabela 4.35:</b> Resultados da mudança de orientação solar no edifício existente simulados no VisualDOE comparado com base case sem sombreamento externo.	232
<b>Tabela 4.36:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e <i>dimmer</i>	233
<b>Tabela 4.37:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e <i>dimmer</i> antes do racionamento	234
<b>Tabela 4.38:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e <i>Cooling</i> desligado no térreo	234
<b>Tabela 4.39:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e fechamento trepadeiras térreo, blocos A e B	236
<b>Tabela 4.40:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e <i>cooling</i> desligado CPD e terreo9-split	236
<b>Tabela 4.41:</b> Resultados das outras alternativas simuladas	236
<b>Tabela 4.42:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e somatório das alternativas viáveis.	237
<b>Tabela 4.43:</b> Comparativo do consumo de energia elétrica KWh entre o caso base e alternativas novo projeto	238
<b>Tabela 4.44:</b> Resultados das alternativas combinadas	238
<b>Tabela 5-1:</b> Fórmulas relativas ao fator solar, fluxo térmico por condução, ganho solar pelo vidro e ganho solar total.	261

## LISTA DE GRÁFICOS:

<b>Gráfico 1.1:</b> Evolução do consumo de eletricidade de 1990 a 2004	49
<b>Gráfico 1.2:</b> Composição setorial do consumo de eletricidade	50
<b>Gráfico 1.3:</b> Consumo Final de eletricidade	50
<b>Gráfico 2.1:</b> Oferta Interna de Energia, incluindo todos os energéticos disponíveis no BEN	69
<b>Gráfico 2.2:</b> Energia Elétrica – Estrutura da Oferta Interna Segundo a Natureza da Fonte Primária de Geração, Brasil, 2008	70
<b>Gráfico 2.3:</b> Consumo de eletricidade em edificações por usos finais nos setores público e comercial	103
<b>Gráfico 2.4:</b> Participação por Uso Final do Consumo Anual de Energia em Grandes escritórios Americanos	104
<b>Gráfico 4.1:</b> Consumo de energia elétrica por uso final com base na simulação	198
<b>Gráfico 4.2:</b> Consumo mensal de eletricidade em kWh/m <sup>2</sup>	199
<b>Gráfico 4.3:</b> Consumo de energia elétrica por uso final em kWh/ano/m <sup>2</sup>	199
<b>Gráfico 4.4:</b> Gráfico de barras representando os consumos de energia elétrica KWh entre base case e as alterações de cobertura no edifício existente desagrupadas	220
<b>Gráfico 4.5:</b> Gráfico de barras representando os consumos de energia elétrica KWh entre o caso base e as alternativas de vidros desagrupados.	230
<b>Gráfico 4.6:</b> Gráfico de barras representando os consumos de energia elétrica KWh entre o caso base sem sombreamento externo e orientações do edifício nos azimutes 45°, 85°, 270° e 315°.	232
<b>Gráfico 4.7:</b> Gráfico de barras representando os consumos de energia elétrica KWh entre o caso base, somatório das alternativas viáveis e alternativas novo projeto.	238
<b>Gráfico 5.1:</b> Gráfico com a influência da vegetação no consumo de energia elétrica.	258
<b>Gráfico 5.2:</b> Gráfico comparando as performances dos vidros simulados com o existente (caso base).	258
<b>Gráfico 5.3:</b> Gráfico comparando os resultados das simulações dos diferentes tipos de paredes e vidros.	268

## LISTA DE EQUAÇÕES:

<b>Eq.1.1:</b> Equação numérica ponderando a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar.	46
<b>Equação 5-1:</b> Fórmulas relativas ao cálculo do CS (coeficiente de sombreamento).	261
<b>Equação 5-2:</b> Fórmulas relativas ao cálculo do CS <sup>''</sup> (coeficiente de sombreamento do conjunto).	262
<b>Equação 5-3:</b> Equação do fluxo térmico total que atravessa o fechamento opaco.	270