UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação

Análise do “Direito ao Sol” nos planos diretores de Pelotas – RS, em zonas residenciais

Saionara Dias Vianna

Pelotas, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação

Análise do “Direito ao Sol” nos planos diretores de Pelotas – RS, em zonas residenciais

Saionara Dias Vianna

Pelotas, 2017

Saionara Dias Vianna

Análise do "Direito ao Sol" nos planos diretores de Pelotas- RS, em zonas residenciais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Profa. Dra. Celina Maria Britto Correa

Co-Orientador (a): Profa. Dra. Ana Paula Neto de Faria

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

V617a Vianna, Saionara Dias

Análise do "direito ao sol" nos planos diretores de Pelotas - RS, em zonas residenciais / Saionara Dias Vianna ; Celina Britto Correa, orientadora ; Ana Paula Netto de Faria, coorientador. — Pelotas, 2017.

200 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

1. Legislação urbanística. 2. Direito ao sol. 3. Envelope solar. I. Correa, Celina Britto, orient. II. Faria, Ana Paula Netto de, coorient. III. Título.

CDD : 711.409

Elaborada por Leda Cristina Peres Lopes CRB: 10/2064

Saionara Dias Vianna

Análise do "Direito ao Sol" nos planos diretores de Pelotas – RS, em zonas residenciais

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 05/04/2017

Banca examinadora:

Celina Maria Britto Correa,

Profa. Dra. (Orientadora), Doutora em Arquitetura pela Universidade Politécnica de Madrid, UPM, Espanha.

Isabel Salamoni, Profa. Dra., Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil.

Eduardo Grala da Cunha, Prof. Dr., Doutor em em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.

Fernanda da Cruz Moscarelli, Profa. Dra., Doutora em Planejamento Urbano e Regional pela Universidade Paul- Valery – Montpellier, GRED/UPV, França.

Dedicatória

Aos que sempre estiveram ao meu lado, Deus, minha família e os bons e verdadeiros amigos

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, arquiteta e professora Celina Maria Britto Correa por acreditar no meu trabalho, pela paciência frente as minhas dificuldades, e sobretudo pelo apoio no momento mais difícil desta caminhada, quando tive o diagnóstico de Linfoma de Hodgkin.

A arquiteta e professora Ana Paula Neto de Faria, co-orientadora deste estudo, pelo apoio e contribuições neste trabalho.

Ao arquiteto Denis Roberto Castro Pérez, que contribuiu gentilmente com sua experiência na área para esclarecimento de dúvidas.

A arquiteta e professora Luísa Félix Dalla Vechia, que contribuiu com seus conhecimentos na área de modelagem tridimensional para o teste dos softwares empregados neste trabalho.

A colega arquiteta Viviane de Oliveira Pacheco que colaborou nas simulações computacionais realizadas e a colega arquiteta Mariana Estima Silva que participou ativamente do Estudo Piloto que testou a metodologia empregada neste estudo.

Ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho.

À CAPES, pelo auxílio financeiro em forma de bolsa de estudos.

À minha família, aos que já não estão mais conosco, meu pai Hermeto que sempre priorizou a educação de seus filhos, e à minha tia Elodi, pelo carinho e apoio que sempre dedicou aos sobrinhos.

Aos meus irmãos, Fabiana, Hermeto Filho e Humberto e, principalmente à minha mãe Rosa Linda, que mesmo sem estar doente, esteve presente em todas as consultas médicas e fez todas as quimioterapias e radioterapias junto comigo.

Aos bons e verdadeiros amigos, que torceram pela minha recuperação e me ajudaram a enfrentar a batalha contra o câncer, agradeço pela compreensão, incentivo e apoio no momento mais difícil desta trajetória.

“Nada é tão certo e consistente como o movimento do sol através do céu. O que não é certo é se a futura construção em propriedade vizinha obstruirá o sol” (LECHNER,1990).

Resumo

VIANNA, Saionara Dias. **Análise do "Direito ao Sol" nos planos diretores de Pelotas- RS, em zonas residenciais.** 2017.201f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Este trabalho apresenta um estudo que aborda o tema do direito legal à garantia do acesso solar à todas as habitações e ao entorno imediato utilizando como objeto de análise o I, II e III Plano Diretor da cidade de Pelotas-RS. A garantia do acesso solar é assegurada através das legislações urbanísticas, ainda que de forma implícita, por meio dos índices urbanísticos propostos nesses regramentos que regem as questões urbanas das cidades. Apesar disso, a aplicação desses instrumentos por si só, não garante o nível mínimo recomendado de insolação nas fachadas e coberturas das residências. Esta pesquisa visa, verificar se na evolução da legislação urbanística da cidade de Pelotas se garantiu o direito ao sol, ainda que de maneira subliminar, com o intuito de apontar revisões e estratégias para garanti-lo como suporte à qualidade ambiental. Para isto, foram definidos três recortes urbanos localizados em zonas residenciais que mantiveram suas características quanto ao uso do solo ao longo dos três planos diretores do município, em distintas configurações de lotes regulares predefinidos através de características como orientação solar, área e testada, utilizando o método do Envelope Solar. Os envelopes solares foram construídos no software *Rhinoceros* com o uso dos aplicativos *Grasshopper* e *DIVA* em seis horários de acesso solar no período em que se concentram os melhores horários de insolação, buscando a garantia do nível mínimo de insolação de duas horas, conforme sugerido na Carta de Atenas (1933). Posteriormente, os envelopes solares foram transportados para o software *Google Sketch UP* no qual foram gerados os modelos computacionais tridimensionais dos volumes edificados decorrentes da aplicação dos máximos índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor buscando identificar qual o período em que as edificações têm menor percentual de volume excedente aos limites do envelope solar. Os resultados obtidos nas análises indicaram que não se verificou na evolução da legislação urbanística do município a garantia do "Direito ao Sol" nos lotes destinados à habitação. O estudo concluiu a necessidade de uma revisão ou adaptação da legislação urbanística em vigor afim de proporcionar a garantia das condições de controle e acesso solar as edificações e entorno imediato.

Palavras-chave: Legislação urbanística; Direito ao Sol; Envelope solar

Abstract

VIANNA, Saionara Dias. **Analysis of the "Solar rights" in the Master Plans of Pelotas – RS – Brazil, in residential zones.** 2017. 201p. Master Thesis. Post-Graduation Program in Architecture and Urbanism. Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil.

This work presents a study that approaches the theme of the legal rights to a warranty of solar access for every building and its immediate surroundings, using as object of analysis the 1st, 2nd and 3rd Master Plans of Pelotas, RS, Brazil. The warranty of solar access is ensured through urban planning laws, even implicit ones, by setting urban indexes in such regulations, which rule urban issues in cities. However, the application of such tools alone does not assure the minimum level of exposure to the sun on the houses' façades and roofs. This research aims to verify if solar rights were ensured, even in a subliminal way, in the evolution of urban planning laws in the city of Pelotas - RS, in order to point reviews and strategies to assure them as a support for environmental quality. For this, three landmarks were defined, within residential zones which have kept their characteristics regarding use of the soil along the three Master Plans of the city, in different configurations of predefined regular lots, through characteristics as solar orientation, area and forefront, using the method of Solar Envelope. Solar envelopes were built in the software *Rhinoceros*, using the apps *Grasshopper* and *DIVA* in six different hours of solar access during the period of the best exposure to the sun, searching for the minimum level of two hours, as suggested by the Athens Charter (1933). After that, solar envelopes were transported to the software *Google Sketch UP*, in which three-dimensional models of the built volumes were generated, from applying the maximum urban indexes proposed by each Master Plan, searching to identify in which period the buildings present the lower percentages of volumes that exceed the solar envelope. Results indicated that along the evolution of urban planning legislation in the city, the warranty of "Solar Rights" has not been observed in residential lots. The study concluded that it is necessary to review and adapt the current urban laws, to ensure conditions of controlling and accessing sun for the buildings and their immediate surroundings.

Key-words: Urban Planning Legislation; Solar Rights; Solar Envelope.

Lista de figuras

Figura 1 - Planta esquemática da trama urbana de Priene 27

Figura 2 - Mapa de cidade de Olynthus 27

Figura 3 - Heliocaminus romano em Ostia 28

Figura 4 - Acoma Pueblo, Novo México 29

Figura 5 - Estudos desenvolvidos por Walter Gropius 32

Figura 6 - Estudos desenvolvidos por W. Allen 32

Figura 7 - Comportamento de três formas urbanas distintas para uma mesma densidade 41

Figura 8 - Comportamento de três formas urbanas e densidades distintas para uma mesma taxa de ocupação e mesmo índice de aproveitamento 42

Figura 9 - Layout disperso 42

Figura 10 - Layout com organização de edifícios altos 43

Figura 11 - Layout vertical aleatório 43

Figura 12 - Representação em vista aérea de Túnis, Tunísia 44

Figura 13 - Planta e elevação da cidade de Mardín, Turquia 45

Figura 14 - Povoado de Acoma Pueblo – Novo México 45

Figura 15 - Padrões urbanos para os climas frio e temperado 46

Figura 16 - Padrões urbanos para os climas quente e seco e quente e úmido 47

Figura 17- Padrões urbanos para os climas tropical seco e quente e úmido 47

Figura 18 - Diagrama do comportamento das sombras para o clima temperado 48

Figura 19 - Envelope solar sobre um lote gerado a partir do método proposto por Knowles e Berry (1980) 51

Figura 20 - Envelope solar gerado a partir do método utilizado por Pereira,1994 e Assis; Valadares (1994) 52

Figura 21 - O envelope solar gerado a partir do *Descriptive method*, desenvolvido por R. Knowles 53

Figura 22 - O envelope solar gerado a partir do *Profile angle method* 53

Figura 23 - O envelope solar gerado a partir do método *Two-dimensional Orthographic* 54

Figura 24 - Tela do software *Ecotect Analysis* 55

Figura 25 - Tela do software *Ecotect Analysis* 55

Figura 26 - Envelopes solares gerados através do uso do software *Cityzoom* 56

Figura 27 - Ferramentas solares no ambiente Grasshopper e o componente Envelope Solar gerado no software DIVA 57

Figura 28 - Localização da ZR1, ZR2 e ZR3 67

Figura 29 - Imagem aérea do recorte da ZR1 e localização dos lotes escolhidos para o estudo 69

Figura 30 - Visuais da área de estudo na ZR1 69

Figura 31 - Imagem aérea do recorte da ZR2 e localização dos lotes escolhidos para o estudo 72

Figura 32 - Visuais da área de estudo na ZR2 72

Figura 33 - Imagem aérea do recorte da ZR3 e localização dos lotes escolhidos para o estudo 75

Figura 34 - Visuais da área de estudo na ZR3 75

Figura 35 – Processo de construção dos Envelopes Solares no quarteirão do Estudo Piloto com o uso dos softwares *Rhinoceros* e dos aplicativos *Grasshopper* e *DIVA* 81

Figura 36 - Envelopes Solares gerados no ambiente *Rhinoceros* para cada horário de acesso solar após transporte para o software *Google Sketch Up* em um dos lotes analisados 82

Figura 37 - Sobreposição de todos os Envelopes Solares e do volume edificado sobre o lote estudado 83

Figura 38 - Planilha eletrônica utilizada para organização das informações e cálculo dos percentuais excedentes 84

Figura 39 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote P - ZR1 93

Figura 40 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote P - ZR1 93

Figura 41 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote P - ZR1 94

Figura 42 - Comportamento do lote P no I e II PDP, para H=6m , Orientação Nordeste 95

Tabela 43 - Comportamento do lote P no III PDP, para H=10m, Orientação Nordeste 95

Figura 44 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote G - ZR1 96

Figura 45 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote G - ZR1 97

Figura 46 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote G - ZR1 98

Figura 47 - Comportamento do lote G no I PDP, para H=6m, 12m e 24m, Orientação Noroeste 98

Figura 48 - Comportamento do lote G no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação Noroeste 99
Figura 49 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=10m, Orientação Noroeste 100
Figura 50 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=13m, Orientação Noroeste 100
Figura 51 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote E - ZR1 102
Figura 52 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote E - ZR1 102
Figura 53 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote E - ZR1 103
Figura 54 - Comportamento do lote E no I PDP, para H=6m,12m e 24m, Orientação Sudeste 104
Figura 55 - Comportamento do lote E no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação Sudeste 105
Figura 56 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=10m, Orientação Sudeste 106
Figura 57 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=13m, Orientação Sudeste 106
Figura 58 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote P - ZR2 110
Figura 59 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote P - ZR2 110
Figura 60 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote P - ZR2 111
Figura 61 - Comportamento do lote P no I e II PDP, para H=6m, Orientação Sudeste 112
Figura 62 - Comportamento do lote P no III PDP, para H=10m, Orientação Sudeste 112
Figura 63 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote G - ZR2 113
Figura 64 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote G - ZR2 114
Figura 65 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote G - ZR2 115
Figura 66 - Comportamento do lote P no I PDP, para H=6m e 12m, Orientação Sudeste 115
Figura 67 - Comportamento do lote G no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação Sudeste 116
Figura 68 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=10m, Orientação Sudeste 117
Figura 69 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=13m, Orientação Sudeste 117
Figura 70 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote E - ZR2 119
Figura 71 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote E - ZR2 119

Figura 72 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote E - ZR2 120
Figura 73 - Comportamento do lote E no I PDP, para H=6m e 12m, Orientação Noroeste 121
Figura 74 - Comportamento do lote E no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação Noroeste 122
Figura 75 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=10m, Orientação Noroeste 122
Figura 76 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=13m, Orientação Noroeste 123
Figura 77 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote P - ZR3 126
Figura 78 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote P - ZR3 126
Figura 79 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote P - ZR3 127
Figura 80 - Comportamento do lote P no I e II PDP, para H=6m, Orientação Nordeste 128
Figura 81 - Comportamento do lote P no III PDP, para H=10m, Orientação Nordeste 128
Figura 82 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote G - ZR3 129
Figura 83 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote G - ZR3 130
Figura 84 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote G - ZR3 131
Figura 85 - Comportamento do lote G no I PDP, para H=6m,12m e 24m, Orientação Noroeste 132
Figura 86 - Comportamento do lote G no II PDP, para H=6m Orientação Noroeste 132
Figura 87 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=10m, Orientação Noroeste 133
Figura 88 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=13m, Orientação Noroeste 134
Figura 89 - Envelopes solares x Volume edificado no I PDP, no lote E - ZR3 135
Figura 90 - Envelopes solares x Volume edificado no II PDP, no lote E - ZR3 136
Figura 91 - Envelopes solares x Volume edificado no III PDP, no lote E - ZR3 137
Figura 92 - Comportamento do lote E no I PDP, para H=6m,12m e 24m, Orientação Sudoeste 137
Figura 93 - Comportamento do lote E no II PDP, para H=6m, Orientação Sudoeste 138
Figura 94 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=10m, Orientação Sudoeste 139
Figura 95 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=13m, Orientação Sudoeste 139

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tabela síntese da revisão bibliográfica 63

Tabela 2 – Levantamento do número de lotes e testadas em cada área de estudo 68

Tabela 3 - Índice de aproveitamento, Taxa de ocupação, Altura das edificações e Largura das vias, propostas pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas para usos conformes para a ZR1 70

Tabela 4 - Recuos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas, para a ZR1 71

Tabela 5 - Índice de aproveitamento, Taxa de ocupação, Altura das edificações e Largura das vias, propostas pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas para usos conformes para a ZR2 73

Tabela 6 - Recuos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas, para a ZR2 74

Tabela 7 - Índice de aproveitamento, Taxa de ocupação, Altura das edificações e Largura das vias, propostas pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas para usos conformes para a ZR3 76

Tabela 8 - Recuos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas, para a ZR3 77

Tabela 9 - Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR1 para os lotes P, G e E no I e II PDP 79

Tabela 10 - Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR2 para os lotes P, G e E no I e II 79

Tabela 11 - Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR3 para os lotes P, G e E no I e II 79

Tabela 12 - Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR1, ZR2 e ZR3 para os lotes P, G e E no III PDP 80

Tabela 13 - Melhor desempenho para H=6m no I e II PDP – Lote P 141

Tabela 14 - Melhor desempenho para H=10m no III PDP, com e sem recuo ajard. – Lote P 141

Tabela 15 - Melhor desempenho para H=6m no I e II PDP – Lote G 142

Tabela 16 - Melhor desempenho para H=12m no I e II PDP– Lote G 142

Tabela 17 - Melhor desempenho para H=24m no I PDP– Lote G 142

Tabela 18 - Melhor desempenho para H=10m no III PDP, com e sem recuo de ajard. – Lote G 142

Tabela 19 - Melhor desempenho para H=13m no III PDP, com e sem recuo de ajard. – Lote G 142

Tabela 20 - Melhor desempenho para H=6m no I e II PDP– Lote E 143

Tabela 21 - Melhor desempenho para H=12m no I e II PDP – Lote E 144

Tabela 22 - Melhor desempenho para H=24m no I PDP– Lote E 144

Tabela 23 - Melhor desempenho para H=10m no III PDP, com e sem recuo de ajard. – Lote E 144

Tabela 24 - Melhor desempenho para H=13m no III PDP, com e sem recuo de ajard. – Lote E 144

Sumário

1. INTRODUÇÃO 19

1.1 Objetivo Geral 22
1.2 Objetivos Específicos 22
1.3 Estrutura da dissertação 22

2. REVISÃO DE LITERATURA 24

2.1 A iluminação natural e suas relações com a saúde dos indivíduos 24
2.2 Histórico do planejamento das cidades versus acesso solar 26
2.3 O acesso solar no período contemporâneo 31
2.3.1 Leis de acesso solar no Brasil 33
2.4. Legislação urbanística no Brasil 34
2.5. Ordenação do espaço urbano em Pelotas -RS e leis anteriores ao I PDP 37
2.6 I, II e III Plano Diretor Municipal de Pelotas – RS 38
2.7 Densidade construída x intensidade de radiação solar 40
2.8 Relações entre o ambiente construído e os espaços urbanos no controle da incidência de luz solar 43
2.9 Envelope Solar 49
2.10 Estado atual da arte 57
2.10.1 Estudos de insolação em zonas urbanas através do Envelope Solar 58
2.10.2 Estudos de insolação em zonas urbanas com o uso de outras ferramentas 60
2.10.3 Estudos de Legislação Urbanística versus Iluminação Natural 62

3. METODOLOGIA 65

3.1 Revisão de Literatura 65
3.2 Definição das áreas de estudo 66

3.3 Mapeamento dos índices urbanísticos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas – RS para as zonas de estudo 68
3.4 Definição dos lotes estudados 68
3.5 Zona Residencial 1 – ZR1 69
3.6 Zona Residencial 2 – ZR2 71
3.7 Zona Residencial 3 – ZR3 75
3.8 Definição do número de horas de insolação e acesso solar 77
3.9 Geração dos modelos computacionais tridimensionais dos volumes edificados decorrentes dos máximos índices urbanísticos do I, II e III PDP 78
3.10 Geração dos envelopes solares no *Rhinoceros 3D* com o uso dos aplicativos *Grasshopper* e *Diva* 80
3.11 Transporte dos envelopes solares gerados no *Rhinoceros* para o *Google Sketch UP* 81
3.12 Sobreposição dos envelopes solares gerados para cada horário de acesso solar sobre os modelos tridimensionais de cada lote 82
3.13 Cálculo do percentual de volume edificado decorrente dos máximos índices propostos por cada plano diretor que excede os limites dos envelopes solares 83
3.14 Comparação dos resultados 84
3.15 Estudo Piloto 84
3.16 Síntese das etapas metodológicas 86

4. RESULTADOS 90

4.1 Análise dos índices urbanísticos para a ZR1 90
4.2 Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação 93
4.2.1 Lote pequeno – P 93
4.2.2 Comportamento do lote P em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR1 94
4.2.3 Ranking de desempenho para o lote P com volume edificado de H=6m no I e II PDP e H=10m com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 96
4.2.4 Lote grande – G 96
4.2.5 Comportamento do lote G em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR1 no melhor horário de acesso solar 98

4.2.6 Ranking de desempenho para o lote G com volume edificado de H=6m; 12m e 24m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 101

4.2.7 Lote de esquina – E 102

4.2.8 Comportamento do lote E em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR1 104

4.2.9 Ranking de desempenho para o lote E com volume edificado de H=6m; 12m; 24m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 107

4.3 Análise dos índices urbanísticos para a ZR2 108

4.4 Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação 110

4.4.1 Lote pequeno – P 110

4.4.2 Comportamento do lote P em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR2 111

4.4.3 Ranking de desempenho para o lote P com volume edificado de H=6m no I e II PDP e H=10m com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 113

4.4.4 Lote grande – G 113

4.4.5 Comportamento do lote G em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR2 115

4.4.6 Ranking de desempenho para o lote G com volume edificado de H=6m e 12m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 118

4.4.7 Lote de esquina – E 119

4.4.8 Comportamento do lote E em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR2 121

4.4.9 Ranking de desempenho para o lote E com volume edificado de H=6m e 12m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 123

4.5 Análise dos índices urbanísticos para a ZR3 124

4.6 Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação 126

4.6.1 Lote pequeno – P 126

4.6.2 Comportamento do lote P em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR3 127

4.6.3 Ranking de desempenho para o lote P com volume edificado de H=6m

no I e II PDP e H=10m com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 129

4.6.4 Lote grande – G 129

4.6.5 Comportamento do lote G em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR3 131

4.6.6 Ranking de desempenho para o lote G com volume edificado de H=6m; 12m e 24 no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 134

4.6.7 Lote de esquina – E 135

4.6.8 Comportamento do lote E em cada Plano Diretor e sua relação com o envelope solar na ZR3 137

4.6.9 Ranking de desempenho para o lote E com volume edificado de H=6m;12m e 24m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP 140

4.7 Melhor desempenho dos modelos de simulação nos lotes quanto ao percentual de volume excedente ao envelope solar 141

4.7.1 Melhor desempenho para o lote P 141

4.7.2 Melhor desempenho para o lote G 142

4.7.3 Melhor desempenho para o lote E 143

4.8 Síntese dos resultados 146

5. CONCLUSÕES 152

5.1 Limitações do trabalho 156

5.2 Sugestão de futuras investigações 157

6. REFERÊNCIAS 158

7. APENDICES 163

8. ANEXOS 195

1. INTRODUÇÃO

Lechner (1990) conceitua o Direito ao Sol como o “direito ao acesso à radiação solar direta sem obstáculos de objetos adjacentes”. Isso significa que a implantação de novas edificações não deve projetar indevidamente sombras nas habitações existentes nem no seu entorno.

Segundo o mesmo autor, embora leis de proteção ao acesso solar sejam raras, elas existem nos Estados Unidos e são empregadas a séculos na Inglaterra. Outros países como Austrália e Japão também possuem leis que garantem a proteção do acesso solar às residências.

Embora a elaboração de leis específicas que regulamentem o acesso solar não seja uma prática comum na maioria dos países, existem locais que incentivam com recompensa, as edificações que se utilizam do conceito para fins de conversão de energia fotovoltaica.

O Direito ao Sol como forma de lei, teve seu primeiro registro na antiguidade, em Roma no século VI, quando o imperador Justiniano criou uma lei que proibia a construção de novas edificações que bloqueassem o sol dos vizinhos. Com a queda do império romano, novas leis que garantissem o acesso ao sol não foram criadas na Europa por pelo menos mil anos. Apesar disso, foram encontrados exemplos na arquitetura vernacular de alguns povoados localizados na Ásia, África e nas Américas que mantiveram os princípios de orientação solar e adaptação dos recursos naturais disponíveis com o propósito de garantir iluminação e aquecimento de suas habitações.

Séculos mais tarde, na Inglaterra, uma lei de 1832 estabelecia que novas construções não poderiam bloquear a luz natural que vinha sendo recebida há mais de 20 anos por uma edificação vizinha.

No Japão, em 1976, um tribunal de Tóquio condenou um prédio de escritórios a pagar aos moradores da vizinhança uma multa devido as sombras que provocava. A sentença do juiz declarava que a “luz do sol é essencial para uma vida confortável e, portanto, o direito de desfrutá-la devia ser devidamente protegido por lei”. A partir daí, foi criada a lei *“Nissho-ken*” que deu origem aos “Códigos de Sol” em mais de 300 cidades japonesas, que aplicam penalidades para novos empreendimentos cujas

sombras projetadas impedem as edificações vizinhas de ter acesso ao sol (RULE, 2014).

Nos Estados Unidos, neste mesmo ano, o professor Ralph Knowles da Universidade do Sul da Califórnia desenvolveu o método Envelope Solar, que serviu de suporte e embasamento legal para as relações entre altura das edificações e área de sombra projetada pelas mesmas. Estados como a Califórnia e o Novo México criaram leis de direito solar, no entanto, a maioria da proteção legal resulta dos códigos de zoneamento que determinam a quantidade de acesso solar a ser alcançado nos telhados e fachadas.

A Austrália conta com um manual publicado pelo Departamento de Energia, Serviços Públicos e Sustentabilidade, o qual explica passo a passo como devem ser detalhadas em planta as zonas de acesso solar nos projetos de parcelamento do solo e dos lotes, com o objetivo de estimular o potencial de recebimento de luz solar.

No contexto brasileiro, os critérios que permitem o controle e o acesso solar estão previstos nas legislações urbanísticas, mesmo que implicitamente, através da implantação obrigatória de recuos, taxas de ocupação e das alturas máximas permitidas na ocupação dos lotes previstos nos planos diretores municipais.

Entretanto, mesmo em locais com leis específicas que garantem o acesso solar, nem sempre as leis são cumpridas dificultando sua aplicação.

Nas edificações, são bastante conhecidos os benefícios gerados pelo acesso à radiação solar, que vão além dos efeitos bactericidas produzidos pela radiação ultravioleta presente no espectro solar, mas que também proporcionam ambientes mais confortáveis, mais iluminados e aquecidos.

Diversos autores (MARTAU, 2009; DUFFY; CZEISLER, 2009; TREGENZA; WILSON,2011), apontam os benefícios da radiação solar no organismo dos indivíduos. A exposição à luz solar ativa uma série de funções fisiológicas e biológicas no corpo humano, entre elas, a atividade cerebral, endócrina e cardíaca. Além disso, a luz proporciona o efeito psicológico que, por meio das variações espaciais e temporais da luz, contribuem para a promoção da saúde e bem-estar dos indivíduos.

Dada a importância da radiação solar na qualidade de vida dos usuários e na qualidade ambiental, coloca-se a questão de como garantir o nível mínimo de insolação às edificações de toda população sem que a construção de novas habitações interfira no acesso ao sol dos vizinhos. Algumas alternativas de projeto

para novas habitações, que preserve o direito ao sol e tente reduzir os prejuízos causados pela carência de radiação solar nas fachadas e coberturas das residências, provocados por sombras projetadas por edificações vizinhas, são possíveis. Nesse sentido, os referenciais sugerem a elaboração de uma legislação específica que contemple a garantia do direito ao sol ou ainda, o ajuste da legislação urbanística existente com regras de implantação para novas edificações que respeitem os critérios de controle e acesso solar e garantam boas condições de conforto às habitações (LEDER, et al, 2006; SOUZA, et al, 2007; LARANJA, et al, 2009). Como suporte para essas legislações, as relações entre altura das edificações e área de sombra projetada podem ser apoiadas pelo método Envelope Solar (KNOWLES, 1981), que, tornando possível o controle sobre o acesso solar em habitações, incentivou a criação de leis específicas em diversos estados americanos.

A cidade de Pelotas-RS, conta com um conjunto de leis que orientam o desenvolvimento urbano da cidade. A primeira delas foi promulgada no ano de 1915. Sucederam-na dois outros planos diretores, um em 1968 e outro em 1980, e atualmente, em vigor, encontra-se o III Plano Diretor de Pelotas, de 2008, elaborado segundo premissas de sustentabilidade e dos conceitos contidos no Estatuto das Cidades (2001). Entretanto, após alguns anos de vigência do plano, Abuchaim (2012) relata que “a equipe de planejamento não está realizando um trabalho permanente de avaliação e de atualização na parte dispositiva da lei do III Plano Diretor”. Da mesma forma que no plano anterior, segundo a autora, está ocorrendo uma defasagem da lei em relação às necessidades atuais do município.

Neste contexto, esse trabalho surge para contribuir de maneira significativa na necessária revisão de questões legais tão relevantes quanto o respeito e a garantia do direito ao sol nas edificações residenciais. Baseia-se também na necessidade que temos, como arquitetos, de encontrar alternativas de projeto e de construção de edificações que causem menor impacto no meio ambiente, que reduzam custos energéticos e que suponham também, melhorias ao bem-estar dos usuários.

São conhecidas as vantagens que a radiação solar proporciona aos usuários das habitações, do espaço público, do espaço urbano. Também são conhecidos os processos que regem a configuração dos tecidos urbanos das cidades, tendo como pano de fundo os Planos Diretores. Esse trabalho de dissertação, então, propõe a observação no modo de regular a criação e a evolução dos tecidos urbanos

residenciais, sob a ótica do direito ao sol em cada lote, oferecendo uma alternativa que respeita uma lógica mais ampla e menos individual de ocupação do solo, através do respeito ao espaço em que cada um vive, como um meio de exercer plenamente a cidadania.

1.1 Objetivo Geral

Analisar o desempenho solar dos índices urbanísticos previstos nos três planos diretores municipais de Pelotas - RS, empregando como base de análise diferentes configurações de lotes residenciais, dispostos em diferentes orientações.

1.2 Objetivos Específicos

- analisar na evolução do regramento urbanístico de Pelotas - RS, seus índices e sua relação com o acesso ao sol;
- aplicar e avaliar a potencialidade do método Envelope Solar para o estabelecimento e o controle de índices urbanísticos que permitam o acesso solar em lotes residenciais;
- apontar alternativas de análise e estratégias de projeto que permitam melhoria da qualidade do espaço construído e não construído.

1.3 Estrutura da dissertação

Esse trabalho de dissertação é apresentado em cinco capítulos:

O capítulo 1- Introdução, apresenta os objetivos do trabalho e o tema da pesquisa e sua relevância frente aos benefícios da radiação solar na saúde dos indivíduos e nas condições de qualidade do ambiente.

O capítulo 2 – Revisão de Literatura, aponta os principais conceitos relativos ao acesso solar no espaço urbano, apresentando trabalhos acadêmicos referentes a

área em questão e que foram importantes, sobretudo na questão metodológica a ser incorporada no estudo.

O capítulo 3 – Metodologia, indica as ferramentas empregadas neste trabalho, bem como os procedimentos metodológicos aplicados na investigação.

No capítulo 4 – Resultados, são apresentados e discutidos os resultados obtidos através da aplicação da metodologia proposta neste estudo, apontando o melhor desempenho das edificações quanto à garantia do direito ao sol.

Finalizando, no capítulo 5 – Conclusões, é realizado um fechamento do trabalho, identificando na evolução da legislação urbanística do município a garantia do acesso solar aos lotes residenciais e apontando estratégias para assegurar a melhoria da qualidade dos espaços. Igualmente, são apresentadas considerações a respeito da potencialidade do método Envelope Solar para a determinação de índices urbanísticos que assegurem os critérios de controle e acesso solar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A iluminação natural e suas relações com a saúde dos indivíduos

Os seres humanos, assim como grande parte dos organismos vivos, precisam da exposição à luz natural para ativar uma série de funções fisiológicas. Da mesma forma, a luz natural atua como apoio a visão e como tal, é necessária para que se realize a maioria das atividades humanas.

Desde o nascimento, os indivíduos estão submetidos ao ritmo da natureza, da existência da noite e do dia, elementos que são condições necessárias para que se sinta pertencente ao próprio tempo (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Através da variação da luz natural, o homem delimita o seu ritmo diário, ou seja, quando dorme, trabalha e descansa. ParaTregenza e Wilson (2011), a luz natural varia espacialmente e em várias escalas, diferindo nos diferentes climas ao redor do mundo, nos quais o padrão de brilho da luz natural irá depender da localização, época do ano e hora.

Para esses autores, uma característica dominante da luz natural é sua variabilidade de acordo com espaço e o tempo. Esta variabilidade temporal e espacial que carrega a informação do mundo exterior, é a responsável pelo estimulo dos nossos sentidos.

Os indivíduos necessitam de exposição regular à luz solar, devido aos efeitos benéficos da radiação eletromagnética no corpo humano, no entanto deve haver cautela quanto à exposição à radiação em relação aos riscos de subexposição e superexposição.

Ao mesmo tempo que os perigos da superexposição à luz solar são amplamente divulgados, os perigos da baixa exposição acabam sendo esquecidos. A evolução dos seres humanos ocorreu devido à exposição à luz natural, inclusive aos raios UV (radiação ultravioleta), e mesmo que a redução da camada de ozônio seja preocupante, não muda o fato de que os indivíduos necessitam ao menos de um nível mínimo de exposição aos raios solares para a promoção da saúde, bem-estar e conforto.

Tregenza e Wilson (2011) relatam que o ambiente construído influencia na saúde dos usuários, e esta influência é maior para aqueles que estão confinados ou pessoas que trabalham em ambientes fechados durante as horas de luz do dia.

Esses autores relatam que não existem pesquisas que esclareçam o motivo pelo qual as pessoas tenham desejo pela luz do dia, no entanto, além dos benefícios proporcionados pela exposição à radiação eletromagnética, existe um aspecto denominado Ritmo Circadiano ou Ciclo Circadiano que explica como o ciclo solar (claro – escuro), tem influência nos processos biológicos em quase todos os organismos e seres humanos.

Os Ritmos Circadianos são como “relógios” que controlam em um período de vinte e quatro horas (claro-escuro), a sequência diária de alterações fisiológicas do corpo humano: sono, fome, temperatura do corpo, estado de alerta e quase toda a produção de hormônios.

Autores como Duffy e Czeisler (2009) relatam a influência que os ciclos solares têm no controle dos ciclos circadianos. Alguns processos biológicos como o de regeneração celular, atividade cerebral, cardíaca e endócrina tem seus padrões relacionados a presença da luz.

Por outro lado, Tregenza e Wilson (2011) e Gronfier (2007, apud MARTAU 2009, p.130) concordam com a ideia de que os Ritmos Circadianos podem ser modificados pela exposição à luz solar no que diz respeito ao efeito da luz sobre as alterações hormonais associadas com o ciclo dia-noite.

Períodos de escuridão são tão importantes quanto a exposição à luz solar, pois o ciclo (claro-escuro) é sincronizado com o ciclo de atividade do sono do indivíduo. A alteração do Ritmo Circadiano pode contribuir a longo prazo com o surgimento de distúrbios mentais e do sono.

Da mesma forma que os Ritmos Circadianos são afetados pela exposição à luz solar, existe um transtorno chamado de TAS - Transtorno afetivo sazonal ou *SAD* (*Seazonal affective disorder)* que de acordo com Tregenza e Wilson (2011), é uma doença depressiva que varia de acordo com a época do ano.

Esta doença pode ocorrer mais frequentemente no inverno afetando principalmente pessoas jovens, contudo, também pode afetar idosos e de modo geral afeta mais as mulheres do que os homens. Os sintomas são comuns a outros tipos de depressão como: alterações no humor; excesso de sono ou fome e falta de energia,

e pode ocorrer com mais frequência em indivíduos que vivem em ambientes nos quais a iluminância sobre o olho é inferior a 1000 lux durante grande parte do dia. O mecanismo dessa doença está relacionado com a exposição à luz solar, sendo os sintomas aliviados quando o paciente recebe exposição diária a luz. Com o início do verão eles desaparecem e reaparecem no outono e são predominantemente encontrados em pessoas que vivem em latitudes distantes do Equador.

A exposição à luz solar também está relacionada à produção de vitamina D, sua deficiência está associada ao raquitismo, e em idosos pode causar fragilidade nos ossos e aumentar o risco de fraturas. Por outro lado, a exposição excessiva pode causar danos à pele, sendo que em casos mais graves pode ocasionar câncer.

Observa-se que a exposição à luz solar proporciona benefícios a saúde e que sua falta pode contribuir com a alterações fisiológicas e biológicas do corpo humano. A compreensão do impacto que a luz natural tem na saúde dos indivíduos justifica a necessidade de um olhar cauteloso sobre aspectos relacionados à iluminação natural no projeto de edificações, que permita a criação de espaços mais saudáveis e também adequados ao desenvolvimento psicossocial do indivíduo, sem que, no entanto, negue-se a outros cidadãos, o mesmo direito ao acesso da luz solar. Nesse sentido, o planejamento urbano joga papel preponderante, criando as regras para que, através da correta ocupação dos lotes, não se obstrua radiação aos lotes vizinhos.

2.2 Histórico do planejamento das cidades versus acesso solar

Durante os séculos VI a IV A.C, a organização espacial das cidades gregas era decorrência da necessidade de aquecimento no inverno, obtido de forma passiva, tirando partido da orientação solar, já que o combustível da época, madeira, era escasso naquela região. Um dos conceitos defendidos por Sócrates afirmava que a casa grega ideal deveria ser fresca no verão e quente no inverno.

O traçado ortogonal das cidades, permitia o acesso do sol nas residências para iluminação e aquecimento, e os gregos conheciam a altura e inclinação solar nas diferentes estações do ano. Em cidades como Priene e Olynthus (Fig. 1 e 2) a malha urbana obedecia a seguinte disposição: ruas principais orientadas no sentido Leste-Oeste e ruas secundárias eram orientadas no sentido Norte-Sul. A maioria das

residências foi planejada com a frente orientada no sentido Leste-Oeste de modo a receber o sol diretamente do Sul (hemisfério norte).

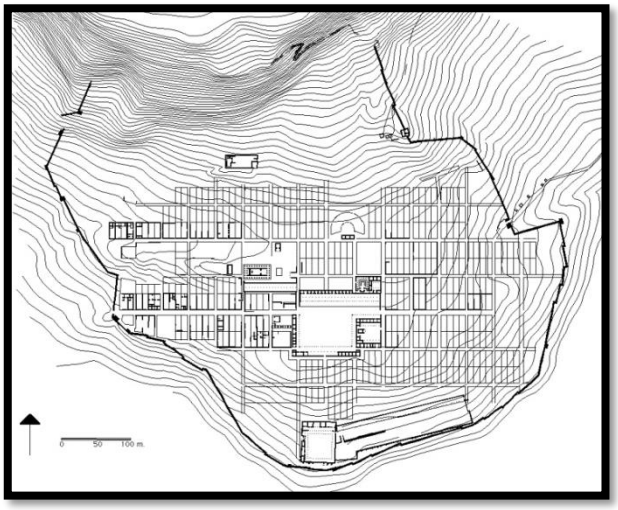


Figura 1 – Planta esquemática da trama urbana de Priene
Fonte: ARQUEOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA[1].

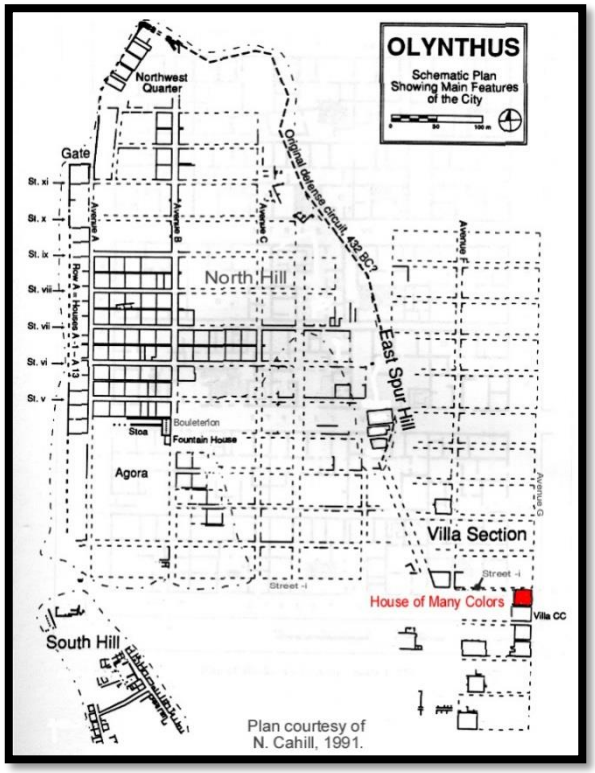


Figura 2 – Mapa de cidade de Olynthus
Fonte: MEGAS ALEXANDROS[2].

[1] Disponível em: http://arqarqt.revistas.csic.es/index.php/arqarqt/article/view/184/246. Acesso em: mar. 2017

[2] Disponível em: https://makedonia-alexandros.blogspot.com.br/2011/09/olynthus-and-its-houses.html. Acesso em: mar. 2017

Assim como na Grécia antiga, os romanos enfrentaram o problema de escassez de madeira, uma vez que utilizavam este recurso para o aquecimento de água nos banhos públicos através dos processos conhecidos como Calidarium e Ipocausto. Em vista disso, adotaram a técnica grega de aproveitamento de luz solar adaptando-a aos diferentes climas do império romano. Como por exemplo, a casa de forma semicircular do escritor romano do século II, Plinio O Jovem, que segundo Espí (1999), possuía uma grande janela na cobertura por onde a luz do sol entrava durante o dia e conservava o calor no seu interior, com aberturas voltadas para o sudoeste e fechamento com vidros planos, chamada de “Heliocaminus”[3]. A Fig. 3 ilustra esta habitação.

Figura 3 – Heliocaminus romano em Ostia
Fonte: MOBILYTRIP[4].

O uso da luz natural e seu aproveitamento tornaram-se tão importantes no império romano, que a garantia de acesso ao sol nas edificações foi incorporada à legislação romana através de uma lei chamada Heliocaminus. Esta lei, criada no século II D.C pelo imperador Ulpiano, garantia à população o direito ao sol.

No século VI, o imperador Justiniano faz um registro jurídico em seu código de obras estabelecendo a importância do acesso ao sol como lei, assim descrito:

> “Se um objeto está colocado de forma a ocultar o sol a um Heliocaminus, deve-se afirmar que tal objeto cria sombra em um lugar onde a luz do sol constitui uma absoluta necessidade. Isto é assim, uma violação do direito ao

[3]Heliocaminus ou forno solar – compartimento que captava energia solar e conservava calor.
[4] Disponível em: http://www.mobilytrip.com/journals/ Acesso em nov. 2016

> Heliocaminus ao sol." (PÉREZ, Denis R. C. O envelope solar e o direito ao sol, Campinas, 2007, pg. 14).

Quanto à altura das edificações, na época do imperador Augusto, em 27 A.C, de acordo com Leal (1988), devido ao risco de desmoronamentos, o limite de altura das edificações era de aproximadamente 70 pés (21m). No seu código de obras, o imperador Justiniano, no século VI, limitou a altura dos edifícios para no máximo 12 pés (3,6m) com o intuito de não obstruir o acesso ao sol e a visão do mar.

Na Roma de Nero, entre 54 e 68 D.C após o grande incêndio da cidade, a altura das edificações ficou limitada ao dobro da largura das vias e foram criadas exigências relativas às aberturas para iluminação.

Com a queda do império romano, em 476 D.C houve a extinção do uso dos princípios de acesso solar na Europa por pelo menos mil anos.

Alguns povoados da América do Norte, conforme relata Knowles (1974), como o assentamento Acoma Pueblo (Fig. 4), que consistia em aglomerações de tribos que se desenvolveram no sudoeste dos Estados Unidos no século VI D.C, adaptaram suas moradias ao clima desértico da região, de grande amplitude térmica. As moradias organizavam-se dispostas em grupos na forma de meia-lua, com o côncavo voltado para a orientação sul, o que permitia que todas as fachadas recebessem o sol no período do inverno. A determinação dos volumes edificados e seus espaçamentos ficavam estabelecidos através dos ângulos solares, diferentes para cada estação do ano.

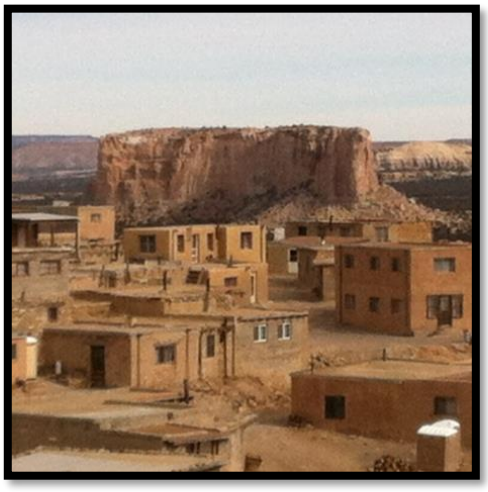


Figura 4 – Acoma Pueblo, Novo México
Fonte: SKY CITY CULTURAL CENTER[5].

[5] Disponível em: http://www.acomaskycity.org/main.html?pgid=11. Acesso em: mar. 2017

Na América Sul e Central, as civilizações Asteca, Maia e Inca, também tiraram partido do acesso solar para a organização de suas cidades, orientando suas ruas e edifícios de acordo com os pontos cardeais.

Um dos exemplos citados por Pérez (2007), é a capital do império Asteca (Tenochtitlan), construída no século XIV D.C, que chegou a abrigar mais de 100 mil habitantes. Esta cidade apresentava-se conformada por uma geometria rigorosa respeitando seus pontos de localização geográfica. Este autor cita ainda, Tikal e Uxmal como exemplos de cidades do império Maia que foram implantadas levando em consideração a geometria e os pontos cardeais. A cidade de Tikal construída por volta dos séculos III e IX D.C respeitava os eixos norte-sul e leste-oeste sendo formada por um grupo de edifícios que chegavam até 70m de altura e que eram dispostos de forma tal que um edifício não cobria visualmente o outro e nem projetava sombra sobre seus vizinhos.

Segundo informações desse autor, a cidade de Uxmal, construída entre os séculos VII e XII D.C, buscou orientar os prédios considerados importantes como os templos e observatório, de forma que ficassem de acordo com as interpretações das órbitas dos astros.

No império Inca, destaca-se a cidade de Cuzco fundada em meados do século XIII D.C, cuja organização era de acordo com Tamura (2010) constituída em dois eixos não perpendiculares que indicavam quatro trajetórias que se alinhavam aos eixos cardeais que ligavam a capital às quatro regiões do império.

O império Inca apresenta ainda outros exemplos de urbanização que levava em conta aspectos referentes às coordenadas geográficas, um deles é Chan-Chan fundada nos séculos XII à XV D.C. A malha urbana dessa cidade, se orientava no sentido norte-sul e a cidade foi construída em adobe com paredões de 12m de altura, cuja função, além de proteção, era de fornecer sombreamento. Estes paredões também eram dispostos no sentido norte-sul e tinham por finalidade ainda, captar e conduzir a brisa do mar para o interior da cidade com o objetivo de resfriamento devido à sua proximidade com o oceano Pacífico.

Observa-se nos exemplos históricos apresentados, uma profunda relação entre a morfologia das cidades e sua localização geográfica, permitindo que o bom aproveitamento da energia solar fosse potencializado para gerar conforto às

habitações. Essa estratégia surgiu de forma espontânea nas aglomerações habitacionais que deram origem às primeiras cidades já que os recursos materiais e energéticos a serem utilizados eram eminentemente locais, mas para algumas civilizações, tornou-se obrigatória através das primeiras leis de acesso solar.

2.3 O acesso solar no período contemporâneo

No Reino Unido, a regulamentação do direito ao sol deu-se através da doutrina inglesa *Ancient Lights Law*[6]**.** Esta doutrina foi garantida pelo *Prescription Act* de 1832[7] e determinava que o direito à luz solar poderia ser adquirido por usucapião e para desfrutar de tais direitos, uma janela, ou, a rigor, uma "abertura" teria que aproveitar a luz solar por um período ininterrupto de 20 anos ou mais. O proprietário teria o direito de proibir qualquer construção ou outra obstrução que pudesse privá-lo de iluminação natural. Os vizinhos não poderiam construir obstruções sem a permissão do proprietário. Em 1959, foram feitas alterações na lei pelo governo do Reino Unido, sendo que uma delas diz respeito à extensão temporária do prazo de prescrição para a aquisição de direitos de luz para 27 anos.

Nos dias atuais, na área central de Londres, encontram-se placas com os dizeres *Ancient Lights* em janelas individuais. Este método é utilizado pelos proprietários de habitações com o objetivo de informar à população de que eles são detentores do direito à luz solar.

Nos Estados Unidos, por volta do final do século XIX, houve um crescimento desordenado de cidades como Chicago, Nova York e Boston, gerando edifícios com baixa qualidade construtiva, mal iluminados e pouco ventilados que desconsideravam os princípios de orientação solar, criando inadequadas condições de vida urbana. Devido às altas densidades construtivas, os edifícios impediam o acesso ao sol dos vizinhos, e estas condições levaram o arquiteto William Atkinson que fazia a reforma da cidade de Boston em 1904, a convencer o poder público da importância da garantia do acesso solar nos edifícios, e da criação de instrumentos que limitassem a altura das edificações. A partir disso, estudiosos como o arquiteto alemão Walter Gropius e

[6] Disponível em: http://lawcommission.justice.gov.uk/areas/rights-to-light.htm. Acesso em: 13 mar 2013
[7] Disponível em: http://www.legislation.gov.uk/ukpga/Will4/2-3/71. Acesso em: 13 mar 2013

W. Allen dedicaram-se aos aspectos relativos a altura, espaçamento e disposição dos edifícios, bem como,aos partidos arquitetônicos que garantissem acesso ao sol.

Em 1930, Walter Gropius foi o primeiro a tratar de forma científica a questão do acesso solar nos edifícios. Concluiu que era melhor construir edifícios mais altos e espaçados entre si e em paralelo, pois o ângulo compreendido entre o topo de um edifício e a base do próximo era reduzido, possibilitando a visão de uma parcela maior do céu em ambientes localizados no térreo, conforme esquema apresentado na Fig. 5.

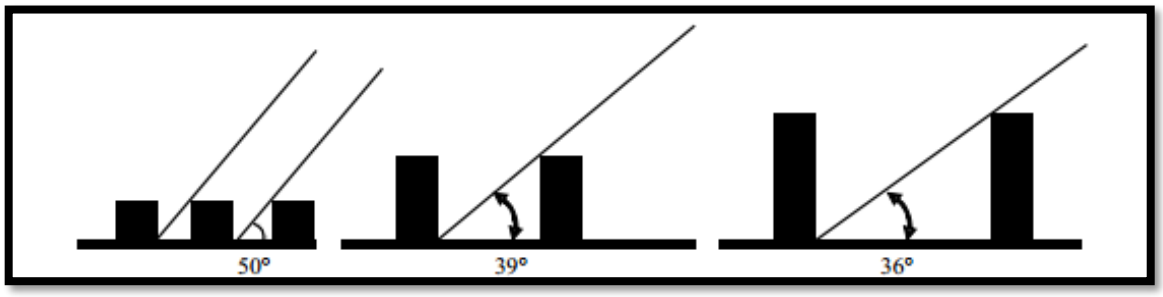


Figura 5 – Estudos desenvolvidos por Walter Gropius
Fonte: BRANDÃO, 2004.

Em 1943 W. Allen estudou disposições não paralelas dos edifícios, bem como partidos arquitetônicos do tipo cruciforme em “Y” e “L”, tendo obtido um aumento de 70% na penetração em profundidade da luz nos ambientes internos para uma mesma densidade populacional. A Fig. 6 apresenta esquemas realizados por W. Allen.

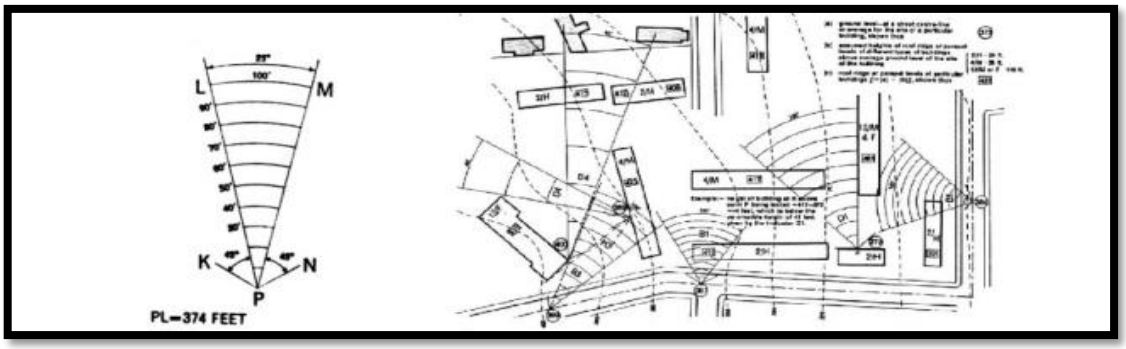


Figura 6 – Estudos desenvolvidos por W. Allen
Fonte: BRANDÃO, 2004.

Neste país, o embasamento legal para as relações entre altura das edificações e área de sombra projetada está apoiado no método Envelope Solar. Este método surgiu em 1976, quando alguns especialistas solicitaram a criação de novas leis que garantissem o acesso solar nas edificações. Nesta época, a lei mais citada fora da América do Norte, era a doutrina inglesa *Ancient Lights Law.* Entretanto, alguns

legisladores acreditavam que esta lei impedia a expansão das cidades, dificultando o desenvolvimento de zonas comerciais e industriais. Os Estados Unidos empregam algumas leis que tornam possíveis o controle do acesso solar em edificações baseadas no método Envelope Solar.

De acordo com *Solar América Board for Codes and Standards Report*[8]*,* trinta e quatro estados americanos e diversos municípios tem algum tipo de proteção dos direitos solares. No entanto, mesmo aqueles estados que possuem leis de direitos solares enfrentam problemas em sua aplicação, o que pode tornar estas leis ineficazes ou difíceis de fazer cumprir. A publicação relata ainda uma revisão do texto de leis de acesso solar nos Estados Unidos revelando exemplos de regramentos que podem ser usados para elaborar um modelo de estatuto de acesso solar.

Em outros países como a Austrália, a legislação urbanística conta com o *Solar Access for Lots – Guidelines for Residential Subdivision in NSW (1998)*[9]*,* um manual publicado pelo *Department of Energy, Utilities and Sustainability - New South Wales*, Austrália, o qual explica passo a passo como devem ser detalhadas em planta, as zonas de acesso solar nos projetos de parcelamento do solo, e define o acesso solar de um lote estimulando seu potencial de receber a luz solar adequadamente, para que determinadas áreas de uma residência capturem a energia do sol.

No Japão, os direitos solares são garantidos através da lei *Nissho-ken* que impede que novas construções privem os vizinhos do mínimo acesso à luz solar. A partir de uma decisão do Supremo Tribunal Japonês em 1972, que considerou o acesso à luz solar como um aspecto essencial às condições de vida saudável, centenas de cidades japonesas promulgaram leis destinadas à proteção do acesso à luz solar para edifícios existentes.

Entretanto, embora algumas regiões no país tenham assegurado o nível mínimo de acesso à luz solar, a legislação não garante a proteção de sistemas de conversão de energia solar.

2.3.1 Leis de acesso solar no Brasil

[8] Disponível em: http://www.solarabcs.org/about/publications/reports/solar-access/pdfs/Solaraccess-full.pdf. Acesso em: 8 maio 2015

[9] Disponível em: https://www. Manly.nsw.gov.au. Acesso em: 8 maio 2015

No contexto brasileiro, os critérios que permitem o controle e o acesso solar estão previstos nas legislações urbanísticas, mesmo que implicitamente, através da implantação obrigatória de recuos, taxas de ocupação e das alturas máximas permitidas na ocupação dos lotes, previstos nos planos diretores municipais.

Em relação a leis que tratem especificamente da questão, o Brasil conta com leis e programas de incentivo que visam o aproveitamento da energia solar nas esferas federal, estadual e municipal, como a resolução normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL[10], que estabelece condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como, sistema de compensação de energia elétrica.

Na cidade de São Paulo, a Lei 14.459 de 2007 trata do uso da energia solar e dispõe sobre instalações de sistemas de aquecimento de água, por meio do aproveitamento da energia solar em novas edificações destinadas a usos residenciais e não residenciais.

Seguindo o exemplo, alguns municípios brasileiros estão elaborando projetos similares, como Peruíbe – SP e Juiz de Fora – MG. Alguns estados aprovaram leis na esfera estadual como Rio de Janeiro e São Paulo e as cidades de Porto Alegre –RS, Belo Horizonte – MG, Assis e Avaré em SP, contam com o esquema de incentivo fiscal utilizado para fomentar o uso da energia solar térmica[11].

2.4. Legislação urbanística no Brasil

A legislação urbanística brasileira, teve suas origens na legislação portuguesa principalmente nas Ordenações Filipinas, que constituíam a base do direito português, sendo que muitas de suas disposições foram vigentes no Brasil até a promulgação do Código civil em 1916.

Basicamente, tratava da organização urbana e das competências das autoridades em relação às questões que envolviam os assuntos urbanísticos, assim como, as limitações impostas ao direito de construir. Segundo Rolnik (1997 apud PÉREZ, 2007) as Ordenações Filipinas:

---

[10] Disponível em: http://biogas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2013/12/resolucao_normativa_482_170412.pdf. Acesso em: fev. 2017

[11] Fonte: Projetos de leis municipais: Disponível em: http://www.cidadessolares.org.br. Acesso em: maio de 2015

> Exigiam distância mínima entre duas casas de “vara e meia de medir”, ou seja, 1,375 m quando as paredes vizinhas tivessem abertura de janelas, formando, assim, vielas ou becos. Já a distância entre paredes cegas deveria ser de dois pés, ou 0,44 m, de forma a permitir a caída das águas dos telhados, definindo, assim, uma servidão de águas pluviais (ROLNIK, 1997, p. 27).

Em relação à distância frontal entre as fachadas, esta deveria ser de no mínimo 10 pés ou aproximadamente 3m. Caso houvesse um edifício público ou um espaço aberto, esta distância deveria ser de 15 pés ou 4,57m. A lei proibia a construção de paredes altas que obstruíssem a visão da rua, e no que diz respeito à vista de elementos como montanhas, mar ou campos, a distância deveria ser de 100 pés ou aproximadamente 30m.

No período colonial, conforme descreve Mascaró (1981) “os partidos arquitetônicos adotados eram sempre os mesmos”. Em sua maioria havia uma padronização proveniente das cartas régias ou das posturas municipais, que na maioria das vezes determinavam as dimensões das construções e até o número de aberturas.

Em relação as dimensões dos lotes, a autora relata que estes eram extremamente estreitos e que as aberturas localizadas na fachada principal correspondiam as salas da frente e ao armazém. As aberturas relativas aos cômodos de permanência das mulheres e os locais de trabalho, ficavam localizadas nos fundos do terreno. No centro da residência, localizavam-se as alcovas (locais de permanência noturna); estes ambientes não dispunham de aberturas, portanto não eram iluminados nem ventilados.

Na segunda metade do século XIX, houve uma mudança no sistema de implantação das residências no interior dos lotes com a utilização de jardins laterais e afastamento dos lotes vizinhos, o que ocasionava melhores condições de conforto no interior dos ambientes.

Por sua vez, lotes com áreas menores, utilizavam como recurso para melhores condições de iluminação e de ventilação, pequenas entradas laterais e poços de iluminação.

Ainda segundo Mascaró (1981), no século XX, com o surgimento dos prédios de apartamentos que obedeciam à tradição de ocupar dois ou três limites do lote, sobravam apenas as áreas internas para iluminação (poços de iluminação e ventilação) dos diversos compartimentos.

Por serem a única maneira de se obter luz natural e ventilação para o interior dos prédios, os poços de iluminação foram amplamente utilizados, uma vez que os próprios códigos de obra exigiam que este tipo de edificação fosse erguido sobre os limites do terreno e tampouco tivesse recuos de ajardinamento.

Pérez (2007), relata que a primeira lei urbanística municipal no Brasil teve origem no período imperial, quando os vereadores foram incumbidos de legislar sobre todos os aspectos relativos as cidades e as edificações. Desde então, os municípios têm o poder de regulamentar e fiscalizar as construções, sendo ainda hoje, o urbanismo de ordem municipal.

A constituição de 1988, através do artigo 182 estabeleceu a responsabilidade dos municípios pela política urbana, sendo o Plano Diretor elemento obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes. O Plano Diretor é o instrumento legalizador da política de desenvolvimento e expansão urbana de cada município, objetivando garantir o desenvolvimento das funções sociais da cidade.

De acordo com Souza et al (2007), o Plano Diretor enumera as diretrizes e os objetivos que pretendem a sustentabilidade urbana. As leis complementares, agem mais diretamente no espaço urbano fornecendo parâmetros mais concretos para o município.

Contudo, segundo relata Pérez (2007), em função de alguns municípios não terem adotado as técnicas de planejamento previstas em lei, se instalou uma espécie de caos urbano, o que acarretou na promulgação da lei 10.257/01 – Estatuto das cidades, cujo propósito era de regulamentar o artigo 182 da Constituição Federal de 1988. Assim, juntamente com os Planos Diretores muitos municípios elaboraram leis complementares como Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo e Código de Posturas e de Obras.

2.5. Ordenação do espaço urbano em Pelotas - RS e leis anteriores ao I PDP

De acordo com Lemos (1989), a base do parcelamento do solo em Pelotas teve origem na arquitetura portuguesa com traçado reticular e arruamento regular, que teve como consequência lotes com pouca testada e grande profundidade. Essa uniformidade dos lotes acabou condicionando a uniformidade das edificações que foram erguidas nos limites laterais dos lotes e no alinhamento predial, estabelecendo dessa forma, elementos definidores das vias públicas.

Santos (2012), relata que os traçados reticulados se caracterizavam por “ruas paralelas que se desenvolveram no sentido Leste-Oeste, cortadas por vias perpendiculares traçadas no sentido norte-sul, que permitiam a insolação dos quarteirões que se formaram e dos edifícios”. Os lotes se desenvolviam perpendicularmente às ruas, que apresentavam larguras variáveis.

No trabalho de Santa Catharina (2012), a autora relata que nas primeiras ocupações da cidade, onde o traçado da malha urbana é em retícula, o conceito é de uma cidade tradicional, que configura o quarteirão e a rua-corredor. Os quarteirões são densamente edificados e tem como características a ocupação total da testada do lote e a falta de jardim frontal nas edificações.

Esta autora, enumerou em seu trabalho, os Códigos e Regramentos que vigoraram na cidade antes da implantação do I Plano Diretor de Pelotas em 1968. São eles: Código de Construções e Reconstruções de 1915; Plano de Ampliação da cidade de 1924; Plano de Saneamento de Pelotas de 1927; Código de Construções de 1930 e o Relatório de Saneamento – novos estudos de 1947.

No que diz respeito ao alinhamento e recuo das edificações, verificou que o Código de Construções e Reconstruções de 1915 já previa o uso de recuo de ajardinamento, no entanto sem obrigatoriedade legal. Assim, de acordo com o código, os “prédios poderiam ser alinhados à via pública ou deveriam ser recuados, pelo menos, 4m para o interior do terreno”.

O Plano de Saneamento de Pelotas de 1927 propunha para algumas áreas ainda não habitadas “quadras longas e estreitas e recuo de ajardinamento de 5m”. Nesse plano, ao contrário do código anterior, já existia uma obrigatoriedade quanto ao recuo.

O Código de Construções e Reconstruções de 1930 tinha como proposta o afastamento do alinhamento predial de 4m para que as fachadas formassem um conjunto harmonioso. Este código abordava ainda as questões relacionadas com a altura dos edifícios e a largura das vias. Segundo Santa Catharina (2012), havia uma restrição quanto à altura dos edifícios e relacionada à largura das vias, pois se entendia na época, que a tendência a verticalização era desfavorável à cidade. Assim, em zonas com ruas estreitas, havia uma restrição quanto à altura dos edifícios. Sobre a área total construída, o Código de Construções e Reconstruções de 1930 determinava que deveria ser superior a 1/3 da superfície do lote em edifícios destinados a habitação e de 1/4 para aqueles com finalidade comercial e localizados na esquina.

Estas relações evidenciavam uma preocupação com a densificação demográfica e com as questões relativas à salubridade e higiene por parte da equipe que elaborou o código.

No Relatório de Saneamento – Novos Estudos, de 1947, além da proposta de redes de água e esgoto, áreas industriais, organização do tráfego e novos bairros populares, se observa a preocupação com as dimensões dos lotes, estabelecendo áreas e testadas mínimas.

2.6 I, II e III Plano Diretor Municipal de Pelotas – RS

Em 1968 foi implementado o I Plano Diretor de Pelotas – RS, lei 1672/68, tendo por bases as diretrizes estabelecidas pela ORPLAN – Organização e Planejamento, empresa privada com sede em Porto Alegre – RS a qual foi responsável pela realização de planos em várias cidades do estado. Esta empresa foi contratada pela cidade com a finalidade de solucionar problemas cujas legislações anteriores que regulamentavam posturas, higiene e regras edílicas não foram capazes de resolver.

O I Plano Diretor, tinha como proposta o planejamento geral do território representada na forma de zoneamento, hierarquização viária e um conjunto de índices urbanísticos.

O II Plano Diretor de Pelotas, lei 2565/80, começou a ser elaborado no final da década de 1970 quando a prefeitura do município formou uma equipe de

profissionais locais para a sua elaboração a partir da revisão do I Plano Diretor, objetivando atender às novas necessidades da cidade. O plano de 1980, tinha como objetivos a distribuição racional das atividades e das densidades populacionais na área urbana, estruturação do sistema viário, distribuição espacial adequada dos equipamentos sociais, controle e preservação da qualidade do meio-ambiente e proteção do patrimônio histórico e cultural do município.

É importante enfatizar que tanto o plano de 1968 como o plano de 1980, os quais foram responsáveis pelo regramento do município ao longo de 40 anos foram influenciados pelas idéias defendidas pelo CIAM – Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna. A idéia de organização da cidade conforme as quatro funções básicas do ser humano: habitação, trabalho, recreação e circulação, consolidada na Carta de Atenas (1933) se reflete nos planos, através das propostas de zoneamento, circulação e índices urbanísticos. Entretanto, com o passar do tempo, o II Plano Diretor começou a ficar distante da realidade atual, ou seja, a cidade passou a apresentar novas carências e a falta de uma equipe especializada que fizesse reavaliações do plano de 1980, criou uma discordância da lei em relação a estas demandas criando, portanto, a necessidade de uma atualização da legislação urbanística.

Assim, em 2008 foi aprovada Lei 5502/08, que instituiu o III Plano Diretor de Pelotas - RS, o qual foi construído segundo premissas de sustentabilidade e dos conceitos contidos no Estatuto das Cidades (2001).

Sobre o plano de 2008, Abuchaim (2012) relata que o processo para sua elaboração iniciou em 2001 quando estava sendo reorganizada uma equipe na cidade para retomar o processo de planejamento urbano. Em 2003 e 2004 ainda de acordo com a autora, houve uma interrupção no processo de elaboração do novo plano, que só teve sua retomada em 2005 com a troca do titular da Secretaria de Urbanismo.

A elaboração do plano contou com a participação de várias secretarias municipais, profissionais da Universidade Federal de Pelotas e outros profissionais contratados de diversas áreas. Estes profissionais foram divididos em grupos separados por temas os quais trabalharam separadamente e uma equipe de coordenação tinha a tarefa de reunir e organizar o material resultante para a criação de um único documento.

De acordo com a mesma autora, “ esse método de trabalho refletiu-se no plano, pois ele ficou fragmentado e com níveis diferenciados de profundidade por tema [...]”

Contudo, com oito anos de vigência do plano, Abuchaim (2012) relata que “a equipe de planejamento não está realizando um trabalho permanente de avaliação e de atualização na parte dispositiva da lei do III Plano Diretor.” Da mesma forma que no plano anterior, segundo a autora, está ocorrendo uma defasagem da lei em relação as necessidades atuais do município, embora os objetivos e diretrizes do plano ainda sejam atuais.

2.7 Densidade construída x intensidade de radiação solar

Em locais com significativa densidade construída, grande parte da trajetória da radiação solar incidente nos edifícios chega às coberturas e apenas uma pequena parcela chega ao solo. Quando edifícios altos estão pouco espaçados entre si, pouca radiação solar incidente chega às ruas e espaços abertos, ocasionando perda da qualidade dos ambientes e redução do potencial energético das cidades.

Da mesma forma, a densidade construída produz efeitos na forma urbana através dos índices urbanísticos previstos nos regramentos das cidades. A densidade construída, também é definida por uma escala de referência (escala da cidade, escala de bairro, de bloco ou de parcela), no entanto, nenhum desses indicadores é capaz de expressar a forma urbana de forma isolada.

Para melhor entendimento, Martins (2014) toma como exemplo o número de unidades de habitação por hectare de espaço urbano. Foi demonstrado que uma mesma densidade pode ser expressa de diferentes maneiras. (Fig.7)

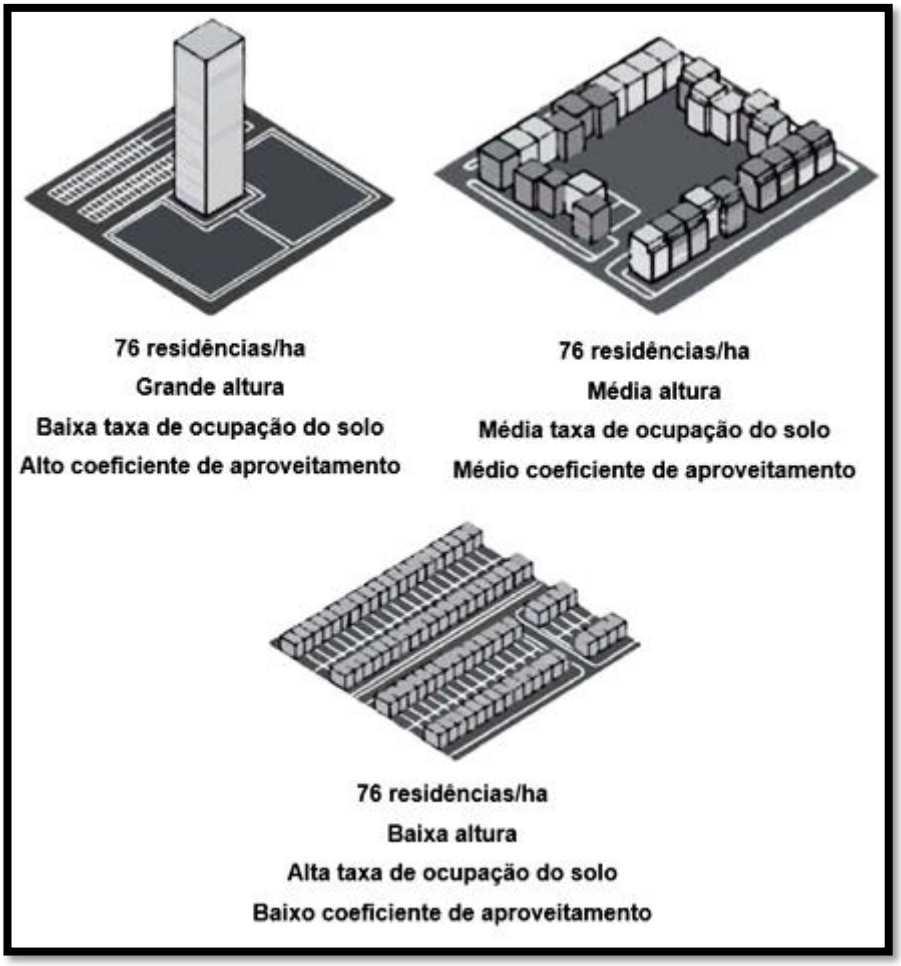


Figura 7 – Comportamento de três formas urbanas distintas para uma mesma densidade
Fonte: MARTINS, 2014. Adaptado pela autora, 2017.

Ainda é possível haver variedade de formas urbanas se a densidade construída for expressa somente pelo cálculo da Taxa de Ocupação (T.O), do Índice de Aproveitamento (I.A) ou ainda da verticalidade de uma área. (Fig. 8)

A Taxa de ocupação (T.O), corresponde à porcentagem máxima permitida de ocupação da área do lote pela projeção horizontal máxima da edificação. O Índice de Aproveitamento (I.A), é definido pelo quociente entre a área máxima construída e a área do lote.

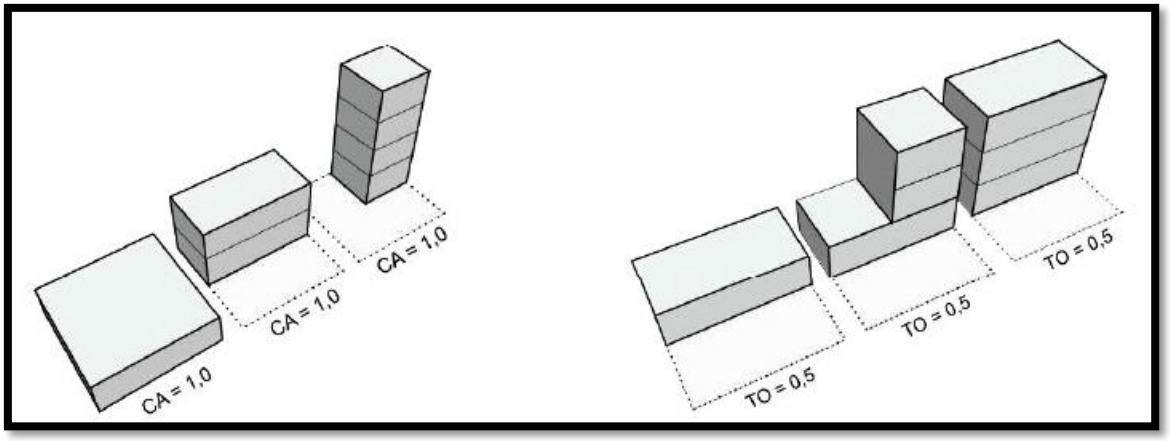


Figura 8 – Comportamento de três formas urbanas e densidades distintas para uma mesma taxa de ocupação (T.O) e mesmo Índice de Aproveitamento (I.A)
Fonte: MARTINS, 2014.

Seguindo a análise, a mesma autora relata que a verticalidade de um edifício não é sinônimo de densidade. Isso significa que por exemplo, torres que são implantadas em terrenos onde 80% do solo é deixado livre por diferentes razões, em termos de taxa de ocupação (T.O), estariam entre as formas menos densas.

Estudos realizados por Cheng et al (2006), fornecem algumas propostas para o planejamento de cidades com alta densidade.

A recomendação mais importante refere-se ao arranjo aleatório dos edifícios em um layout horizontal. Assim, dada uma mesma área equivalente de piso, é mais desejável organizar os blocos de prédios em um layout disperso do que em um conjunto uniforme. A Fig. 9 demonstra esta recomendação.

Figura 9 – Layout disperso
Fonte: CHENG et al, 2006.

A segunda recomendação, diz respeito à preferência por arranjos onde existe uma organização dos prédios com altura mais elevada, menos cobertura de lote e mais espaços abertos ao invés de uma organização com prédios mais baixos e elevada cobertura de lote. A Fig. 10 ilustra esta opção.

Figura 10 – Layout com organização de edifícios altos
Fonte: CHENG et al, 2006.

Outra recomendação refere-se ainda ao layout vertical aleatório, e de acordo com os autores, para que isto ocorra, as regulamentações de planejamento e construção dos edifícios em altura deveria ser mais flexível. A Fig. 11 exemplifica essa recomendação.

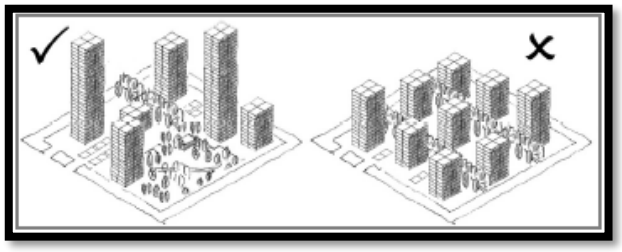


Figura 11 – Layout vertical aleatório
Fonte: CHENG et al, 2006.

Esses autores finalizam seu estudo com a ideia de que a intenção para a densificação de cidades e o conceito de sustentabilidade não são recíprocos. Dessa forma, em um dado projeto urbano, as cidades compactas podem ser uma solução para uma rápida urbanização e regeneração urbana.

Com base nestas afirmações é possível verificar a influência da densidade na forma urbana e suas implicações nas questões relativas a qualidade dos espaços urbanos.

2.8 Relações entre o ambiente construído e os espaços urbanos no controle da incidência de luz solar

A orientação e o traçado das ruas têm significativo impacto sobre as edificações e o entorno, sobretudo pelas condições de insolação e ventilação.

A luz natural e sua relação com os fatores geográficos, a topografia, os aspectos de ordenamento e forma das habitações, foram essenciais para o

desenvolvimento de muitos assentamentos urbanos. No hemisfério norte, são encontrados exemplos nos Estados Unidos, Tunísia e Turquia.

Costa (2008) em seu trabalho, analisa alguns exemplos de arranjos urbanos através da observação da relação entre os edifícios e os espaços abertos, organização espacial e características de organização da malha urbana, nas cidades de Túnis (Tunísia), Mardín (Turquia) e no povoado de Acoma (Novo México).

Na cidade de Túnis, de acordo com a autora, a malha urbana é caracterizada por arranjos onde as ruas estreitas são orientadas no sentido norte-sul para maximizar a sombra da manhã e da tarde, tornando-as apropriadas para a circulação de pedestres, espaços comuns e comércio. As ruas orientadas no sentido Leste-Oeste por serem difíceis de sombrear por edifícios ou por dispositivos de controle de sombras tendem a se tornar mais largas e são destinadas ao tráfego de veículos.

As edificações são organizadas de forma a criar sombra entre si e nos espaços externos adjacentes e os edifícios são posicionados muito próximos uns dos outros de forma a sombrearem as ruas adjacentes. (Fig.12)

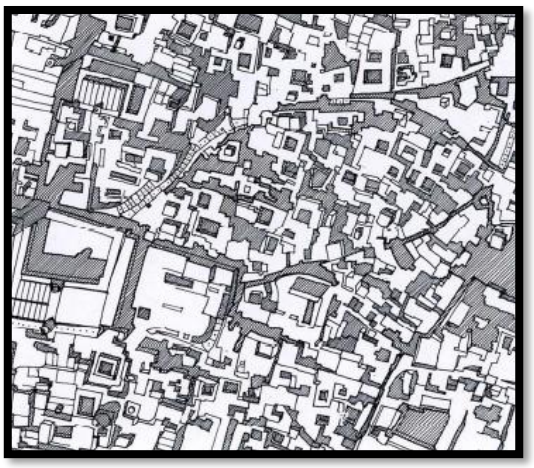


Figura 12 - Representação em vista aérea de Túnis, Tunísia
Fonte: COSTA, 2008.

Seguindo a análise, Costa (2008) examina a cidade de Mardín, localizada em uma região de clima quente e árido, implantada em uma colina íngreme, conforme apresentado na Fig.13.

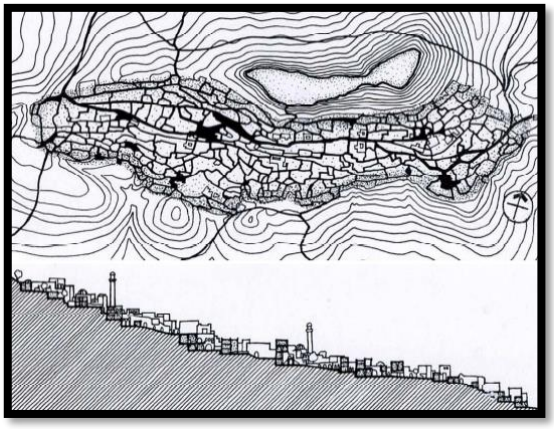


Figura 13 - Planta e elevação da cidade de Mardín, Turquia
Fonte: COSTA, 2008.

O arranjo das ruas levou em conta a topografia da cidade, dando a esta uma orientação sudeste, o que reduz significativamente a incidência de luz solar. O contexto urbano combina o declive e a orientação das superfícies na redução dos efeitos de incidência solar. Essa forma de organização da cidade, permite percursos que se abrem em campos visuais que criam espaços bem iluminados. Como a cidade é densamente edificada, o arranjo dos edifícios proporciona sombra própria na orientação leste e oeste.

Sobre o Povoado de Acoma, a mesma autora relata que seu arranjo baseia-se na orientação no eixo Leste – Oeste e espaçado na direção Norte – Sul, sendo complementado pela morfologia do terreno, o que permite maximizar os ganhos solares, uma vez que a região possui um clima desértico com grande amplitude térmica.

A determinação dos volumes edificados e seus espaçamentos são estabelecidos através dos ângulos solares que variam de acordo com as diferentes estações do ano. A Fig.14 ilustra esse exemplo.

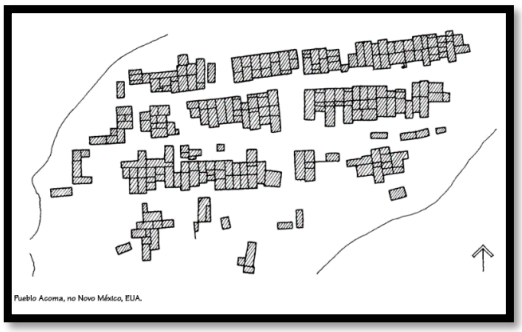


Figura 14 - Povoado de Acoma Pueblo – Novo México
Fonte: COSTA, 2008.

A implantação das moradias é condicionada pelo acesso à luz solar sem sombrear outros edifícios que são dispostos em grupos na forma de meia-lua com o côncavo voltado para a orientação sul, o que permite que todas as fachadas recebam o sol no período do inverno.

De acordo com Brown e DeKay (2007), a implantação de uma edificação de modo que se proporcione sua insolação, sem que esta projete sombras sobre as demais tem importantes implicações na forma e organização de grupos de edificações, assim como os encontrados no povoado de Acoma. Segundo Knowles (1974), os agrupamentos de residências estão suficientemente distanciados na direção norte-sul, para que no inverno, quando os ângulos de altura solar estão mais baixos, as edificações mais altas não lancem sombras sobre seus vizinhos ao norte.

Brown e Dekay (2007), relatam que de acordo com o clima do local e da carga térmica das edificações, diferentes arranjos e estratégias podem ser utilizados. Estes autores apresentam em seu trabalho padrões urbanos para diferentes tipos de clima, conforme ilustram as Fig. 15, 16 e 17.

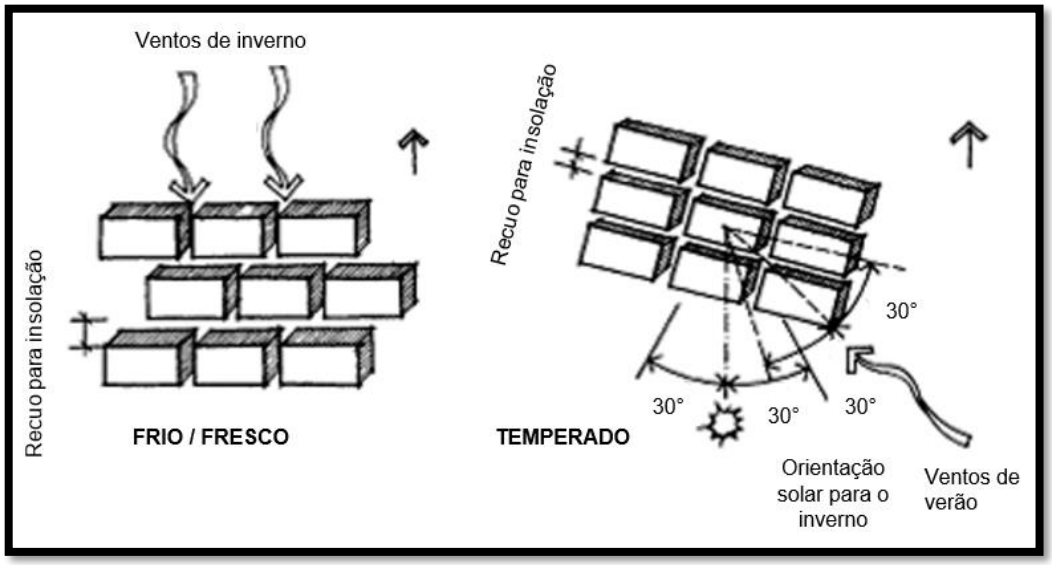


Figura 15- Padrões urbanos para os climas frio e temperado
Fonte: BROWN e DEKAY, 2007. Adaptado pela autora, 2017.

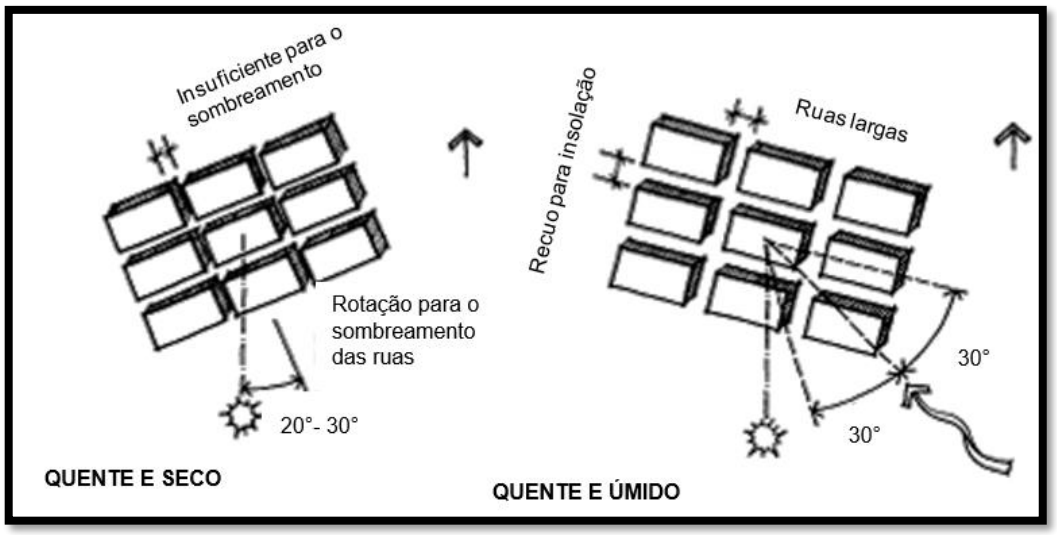


Figura 16- Padrões urbanos para os climas quente e seco e quente e úmido
Fonte: BROWN e DEKAY, 2007. Adaptado pela autora, 2017.

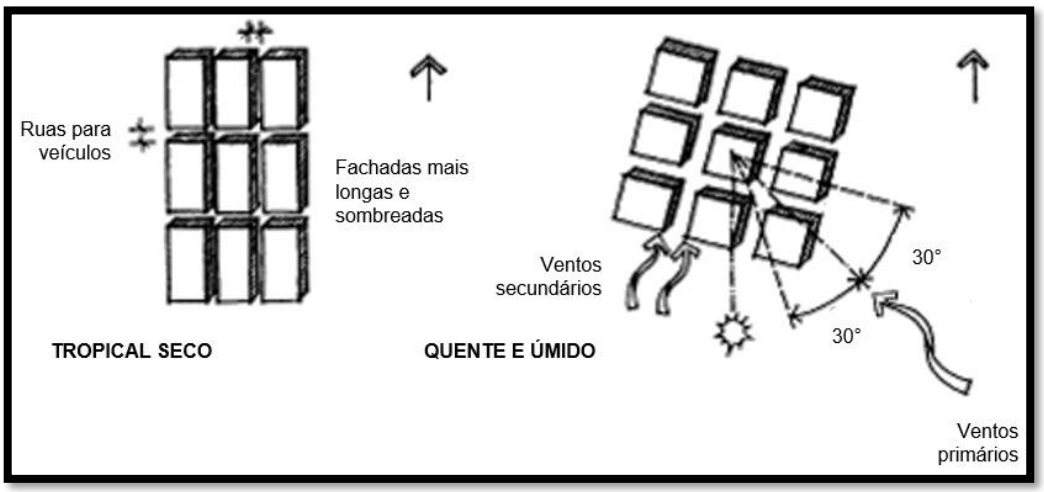


Figura 17- Padrões urbanos para os climas tropical seco e quente e úmido
Fonte: BROWN e DEKAY, 2007. Adaptado pela autora, 2017.

As figuras acima, apresentam soluções genéricas para cada tipo de clima; comportamento das sombras no solstício de verão e o efeito da orientação das ruas com largura de 18m em edificações de 4 pavimentos.

Segundo esses autores, blocos com orientações cardeais asseguram mais sol nas fachadas norte no inverno. Este tipo de orientação, proporciona às edificações mais sombra ao longo das ruas orientadas no sentido Norte-Sul, sendo recomendadas quando se necessita sombreamento nas edificações; nesse caso, as ruas transversais serão ensolaradas.

Por outro lado, blocos orientados com rotação tem a tendência de reduzir ganhos térmicos no inverno e aumentá-los no verão principalmente, nas fachadas

Leste e Oeste. Este tipo de organização com orientação com rotação é indicado para as edificações que não necessitam de insolação no inverno com fins de aquecimento, pois possibilita uma insolação mais uniforme em várias fachadas. Também promovem mais sombreamento nas ruas durante grande parte do dia. No período do meio-dia quando o sol está mais alto, pouca sombra é projetada pelas edificações e a orientação das ruas não é um fator importante, indicando apenas que as fachadas orientadas a norte deverão ser protegidas, e que as ruas e os espaços abertos deverão ter proteção solar horizontal suspensa.

Os autores salientam que orientações com rotação de 22,5° promovem melhor sombreamento das ruas sendo mais adequadas para clima temperado e que quando se aumenta a rotação em relação aos pontos cardeais, as edificações tendem a projetar menos sombra umas sobre as outras e necessitam de mais elementos e estratégias de proteção solar.

Em um clima temperado, como é o caso de Pelotas, portanto, a melhor orientação para o inverno, segundo os autores, seriam blocos orientados ao norte com rotação de 30°, com recuo para insolação. (Fig.18)

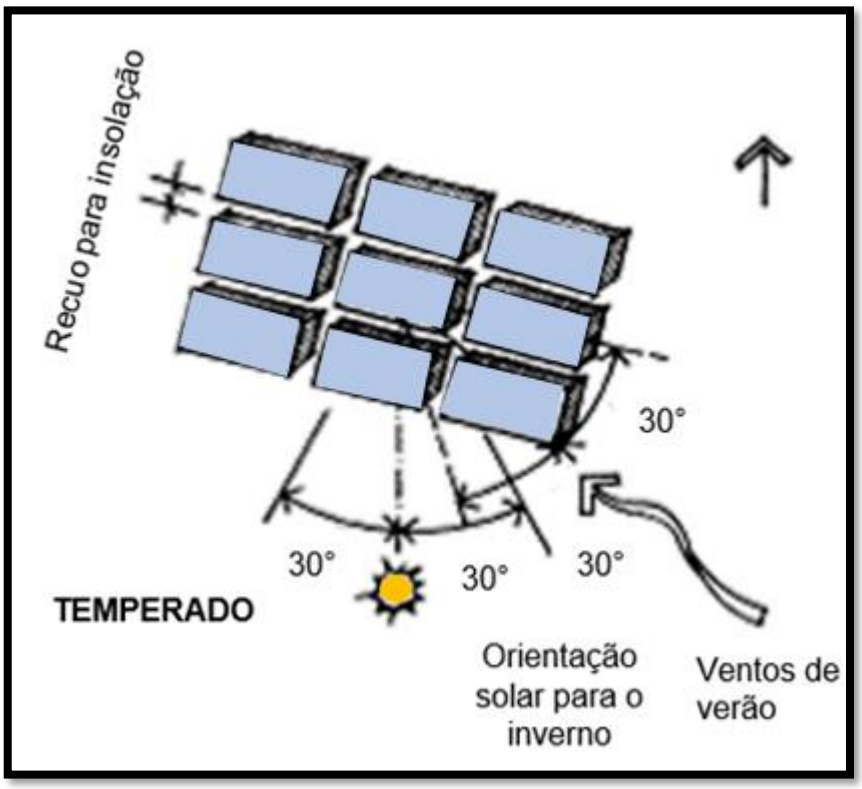


Figura 18 – Diagrama do comportamento das sombras para o clima temperado
Fonte: BROWN e DEKAY, 2007. Adaptado pela autora, 2017.

Com o objetivo de garantir uma melhor insolação para as ruas e espaços abertos, Brown e Dekay (2007) afirmam que a organização da malha urbana ideal é aquela em que as edificações estão orientadas no sentido Leste-Oeste e espaçadas no sentido Norte – Sul. Desta maneira, as edificações ficam voltadas para o norte para receber o sol e afastadas o suficiente para não lançarem sombras entre si.

Com base nas afirmações dos autores, constatou - se que Pelotas possui uma organização da malha urbana, na qual as ruas se desenvolvem no sentido Leste-Oeste e Norte- Sul, exigindo atenção quanto a orientação solar das residências que deveriam ter suas principais aberturas voltadas para o Norte.

2.9 Envelope Solar

Uma das formas de promover a garantia de acesso solar e assegurar o nível mínimo de radiação solar para as edificações, é através do método Envelope Solar.

Em 1976 R.L Knowles, iniciou juntamente com alunos e professores da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Sul da Califórnia (USC) o desenvolvimento e teste do método Envelope Solar.

Knowles (1981), conceituou o Envelope Solar como o “máximo volume de uma edificação que pode ser construído em um terreno de forma que esta não projete sombras indesejáveis fora de seus limites garantindo aos lotes vizinhos o acesso ao sol”.

De acordo com o autor, o Envelope Solar regula o desenvolvimento urbano dentro de limites imaginários derivados do movimento relativo do sol, mais tarde, foi definido por Knowles (2003), como “uma construção de espaço e tempo”.

Nesse contexto, Pérez (2007) afirma que o Envelope Solar é definido pela passagem de tempo e as restrições à propriedade. A passagem de tempo refere-se à duração do acesso solar determinada por um arco que representa a trajetória aparente do sol que no caso de uma análise para o período de um ano podem ser representados por dois arcos: um que represente a trajetória do sol para o inverno e outro para o verão. As restrições à propriedade, dizem respeito à garantia de acesso ao sol nas propriedades na vizinhança de um determinado local, restringindo a altura

dos edifícios, evitando sombras indevidas acima de um limite ao longo das divisas vizinhas da propriedade.

O envelope solar propõe uma forma de zoneamento urbano com a finalidade de proporcionar acesso solar e representa um mecanismo de garantia e controle do acesso ao sol. O envelope solar, é determinado a partir da posição do sol em diferentes horários do dia e estações do ano, para diferentes latitudes em um determinado lote.

De acordo com Knowles (1981), as dimensões e a forma do envelope são variáveis e definidas através de parâmetros como: tamanho do lote; orientação solar; latitude do local; horários do dia em que se deseja radiação solar direta e nível de sombreamento permitido nas ruas e edificações adjacentes.

Brown e Dekay (2007), relatam que os envelopes solares também podem ser gerados a partir do ponto de vista do lote a ser protegido, como por exemplo, em casos nos quais a volumetria das edificações do entorno é limitada para a preservação do acesso solar de áreas externas, como praças ou jardins os quais dependem do uso e do clima do local.

O método tem uma série de vantagens, como a garantia do nível mínimo de insolação recomendada, uma vez que as edificações inseridas dentro dos limites do envelope não projetarão sombras sobre os vizinhos durante os períodos críticos para acesso solar passivo. Pode ser utilizado como um instrumento de auxílio ao planejamento urbano, já que pode ser aplicada ainda nas primeiras fases de projeto, em um momento em que decisões simples podem ter efeitos de longo alcance sobre o projeto final.

Promove crescimento sustentável, se aplicado como instrumento de zoneamento urbano, visto que, de acordo com Brown e Dekay (2007), muitas plantas necessitam de pelo menos seis horas de luz direta, podendo ser este dado considerado como uma meta de planejamento mínimo para áreas abertas com vegetação, sendo o período de 9-15h suficiente. Produz uma geometria diferenciada resultante da aplicação do método, com forma piramidal que pode se relacionar de forma harmônica com as demais e com o entorno no local onde estão inseridas.

Entretanto, o método tem como desvantagem do ponto de vista econômico, o impacto sobre o uso do solo urbano, pois em alguns casos, para assegurar o nível de

insolação desejada, se faz necessário diminuir o volume construído, ou seja, diminuir o potencial construtivo, resultando em valorização do solo.

O envelope solar, pode ser gerado através do método não computacional e do método computacional. O método não computacional é fundamental para o entendimento do conceito e o processo de geração do volume do envelope, pode ser feito através de três maneiras: método desenvolvido por Knowles e Berry (1980); método utilizado por Pereira (1994) e Assis e Valadares (1994) e o processo desenvolvido por Brown e Dekay (2007).

O processo de construção do envelope desenvolvido por Knowles e Berry (1980), aplica ângulos de altura solar nos limites das divisas das divisas do lote, gerando o volume do envelope através do cruzamento diagonal desses ângulos sobre o lote, conforme ilustra a Fig.19.

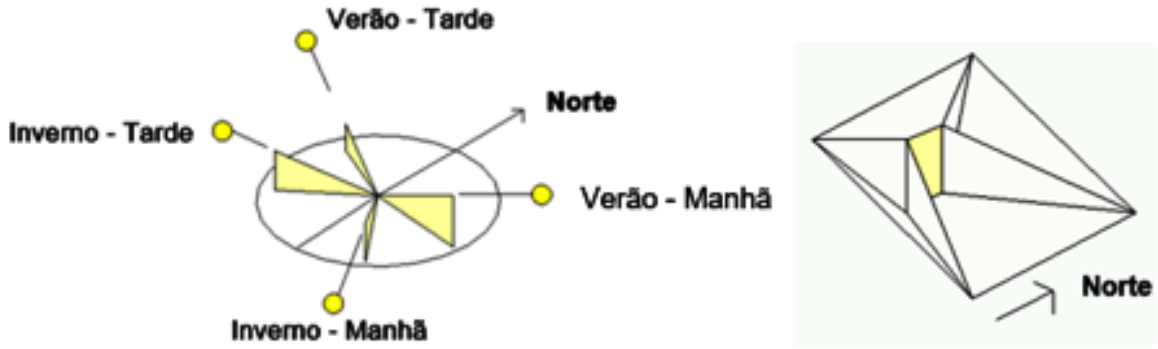


Figura 19 – Envelope solar sobre um lote gerado a partir do método proposto por Knowles e Berry (1980)
Fonte: ASSIS, et al 2007. Adaptado pela autora, 2016.

No processo utilizado por Pereira (1994) e Assis e Valadares (1994), são utilizados ângulos de obstrução que são aplicados aos limites laterais, frontal e de fundos do lote, criando planos imaginários cuja intersecção determina o volume do envelope solar. A Fig.20 demonstra o método.

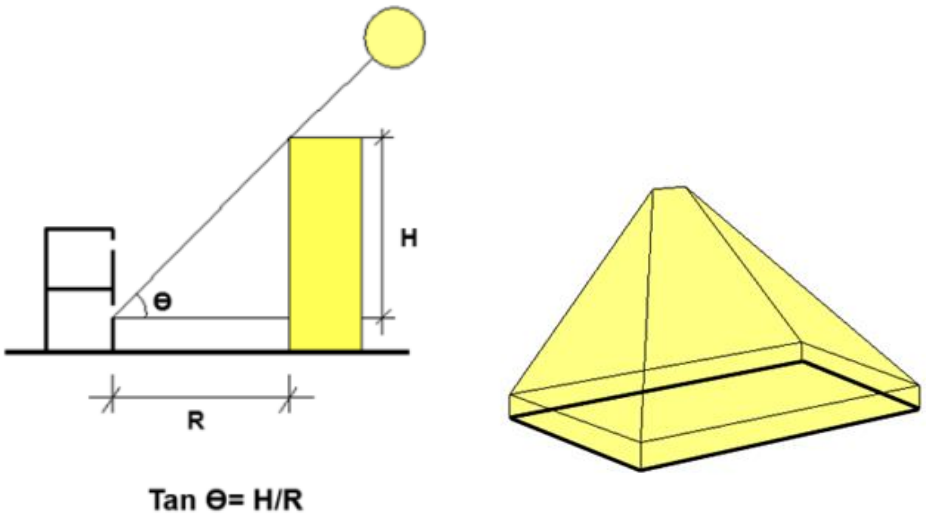


Figura 20 – Envelope solar gerado a partir do método utilizado por Pereira,1994 e Assis; Valadares (1994)
Fonte: ASSIS, et al 2007. Adaptado pela autora, 2016.

No método de geração do envelope desenvolvido por Brown e Dekay (2007), a geometria é determinada pelo horário do dia no qual o acesso solar deve ser mantido. Neste método, são utilizadas tabelas que apresentam uma escala de critérios de acesso solar apropriados para cada latitude. (Anexo 1)

De acordo com Topaloglu (2003), como o envelope solar decorre de uma visualização em três dimensões de um estudo matemático e geométrico dos ângulos solares, a construção do envelope pode ser feita de várias maneiras. Em seu estudo, Topaloglu (2003) apresenta três métodos não computacionais. O primeiro, *Descriptive method*, desenvolvido por R. Knowles, no qual o volume do envelope é determinado pelo cruzamento diagonal dos ângulos sobre o terreno, as representações são feitas em perspectiva isométrica o que torna sua compreensão mais difícil no desenho geométrico. (Fig. 21)

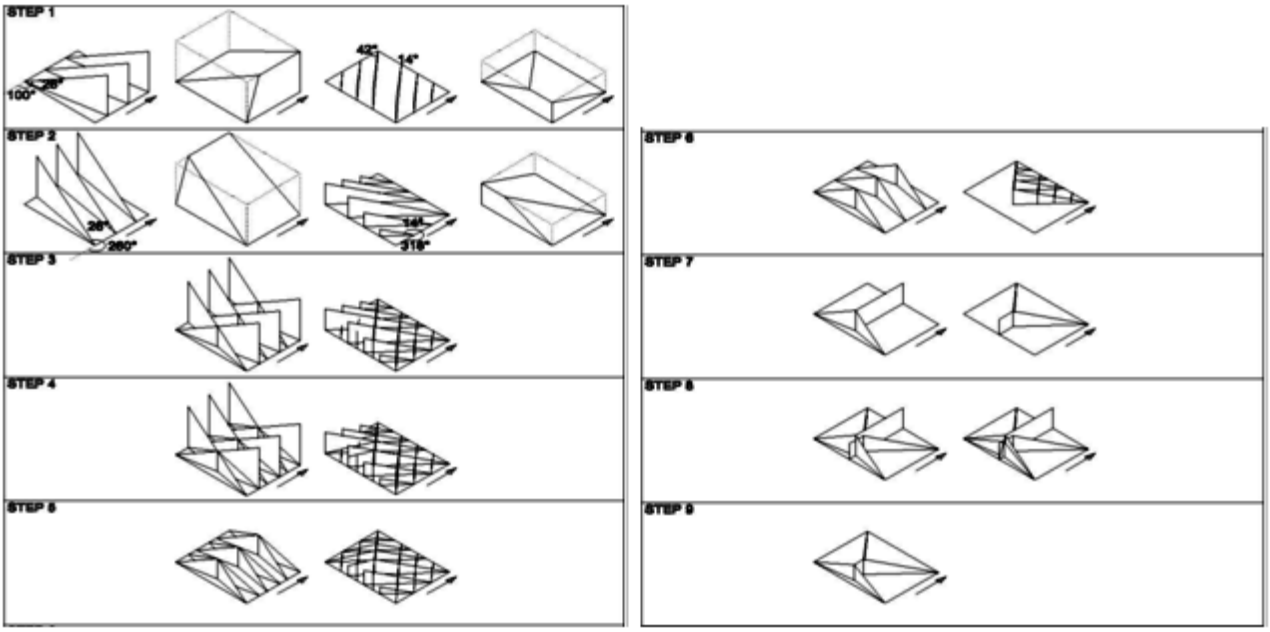


Figura 21 – O envelope solar gerado a partir do *Descriptive method*, desenvolvido por R. Knowles
Fonte: TOPALOGLU, 2003.Adaptado pela autora, 2016.

O método seguinte trata-se do *Profile angle method*, o qual de acordo com o autor simplifica o processo de construção do envelope, entretanto aumenta o trabalho de leitura da carta solar e cálculos angulares nos estágios iniciais. (Fig.22)

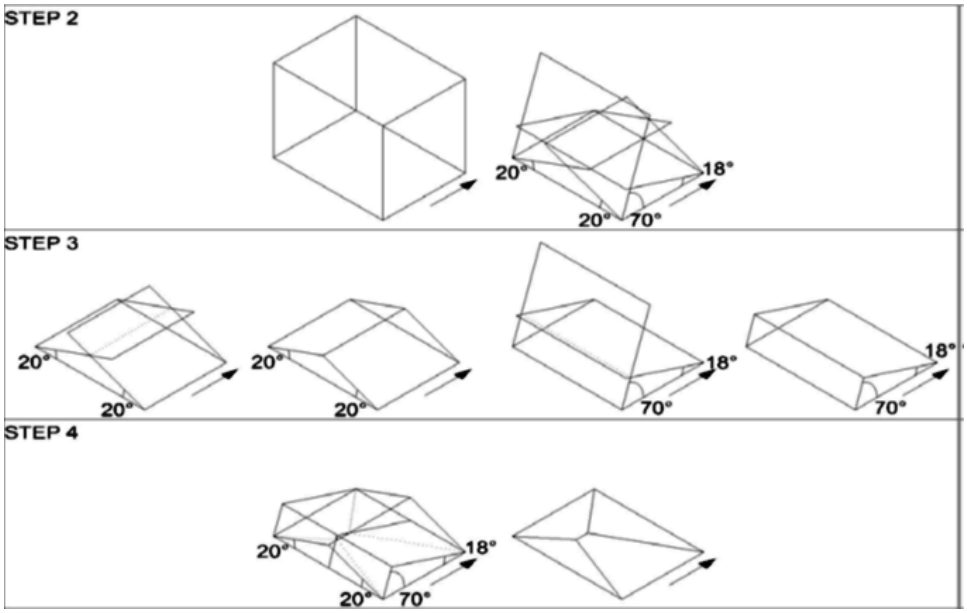


Figura 22 – O envelope solar gerado a partir do *Profile angle method*
Fonte: TOPALOGLU, 2003.

O terceiro método, é o *Two-dimensional orthographic*, que deve ser aplicado apenas para lotes regulares enquanto que o *Descriptive method* e o *Profile angle method* são eficientes para lotes irregulares e inclinados. (Fig.23)

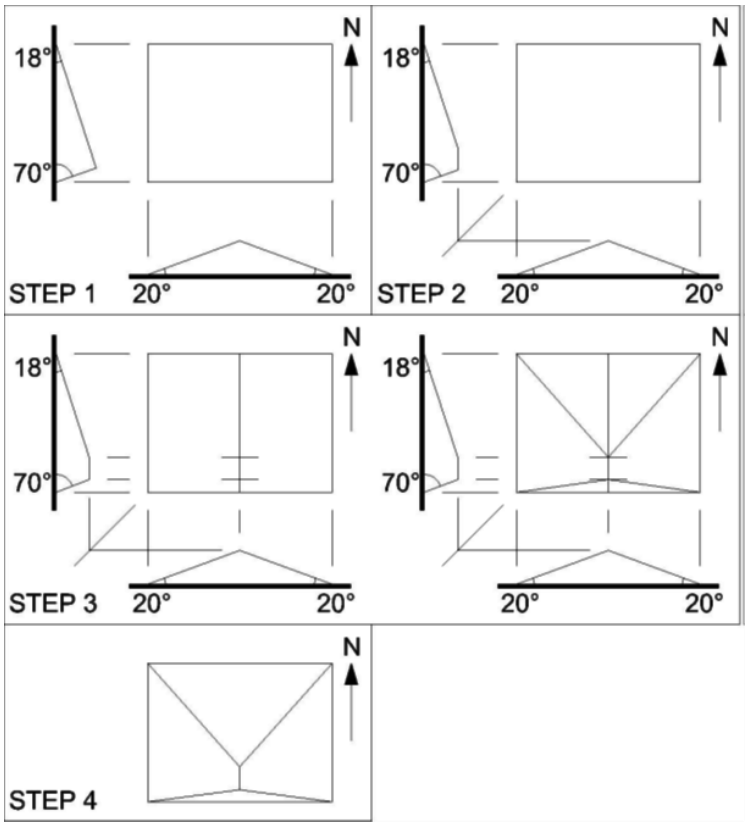


Figura 23 – O envelope solar gerado a partir do método *Two-dimensional orthographic*
Fonte: TOPALOGLU, 2003.

Em relação aos métodos computacionais, diferentes pesquisas apresentam várias ferramentas que analisam o desempenho energético das edificações através de variáveis energéticas, climáticas, estruturais, etc. Alguns destes programas computacionais são específicos para a geração do Envelope Solar, pois permitem a geração automática dos envelopes superando outros softwares, entre eles destacam-se o *Ecotect Analysis, CityZoom* e o aplicativo *DIVA* para *Grasshopper*.

O *Ecotect Analysis,* é uma ferramenta da *Autodesk* que a partir de 2015 passou a integrar a família de produtos *REVIT*. É um software que permite a simulação de conforto térmico, acústico e luminoso e possui comando para a análise dos direitos solares e de iluminação, através de dados de latitude, longitude, mês, dia e hora, quais permitem verificar o sombreamento do edifício. A Fig. 24 e 25 apresentam as telas do software.

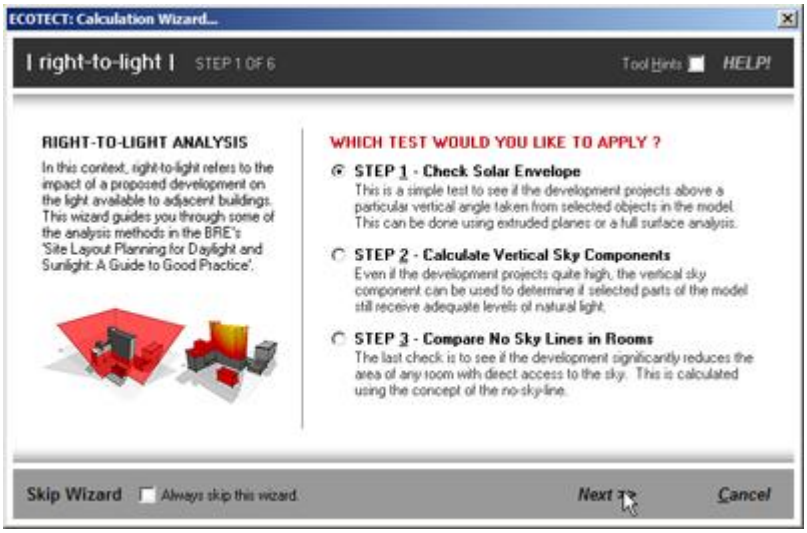


Figura 24 – Tela do software *Ecotect Analysis*
Fonte: autora, 2016.

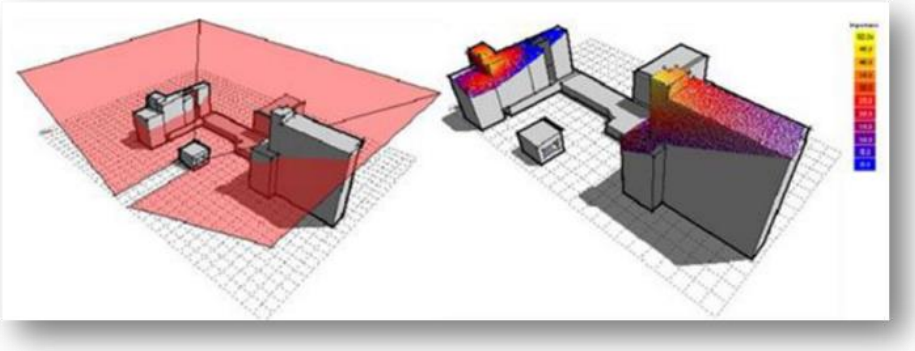


Figura 25 – Tela do software *Ecotect Analysis*
Fonte: PÉREZ, 2013.

O Laboratório para simulação e modelagem em arquitetura e urbanismo – SimmLab – UFRGS apresenta o *CityZoom*, software de apoio a decisão para o planejamento urbano, o qual simula os diferentes impactos de projetos arquitetônicos e normas urbanísticas. O programa simula o potencial construtivo, o crescimento das cidades e gera cenários com diferentes formas de ocupação. Através de um de seus componentes, que simula o potencial construtivo em lotes urbanos com base na legislação urbanística, pode gerar conjuntos de edifícios em diversos cenários urbanos. Este componente, utiliza técnicas do envelope solar, por meio do ajuste dos limites dos lotes dos vizinhos e o período de garantia do acesso solar, obtendo assim o volume do envelope, conforme demonstra exemplo da Fig.26.

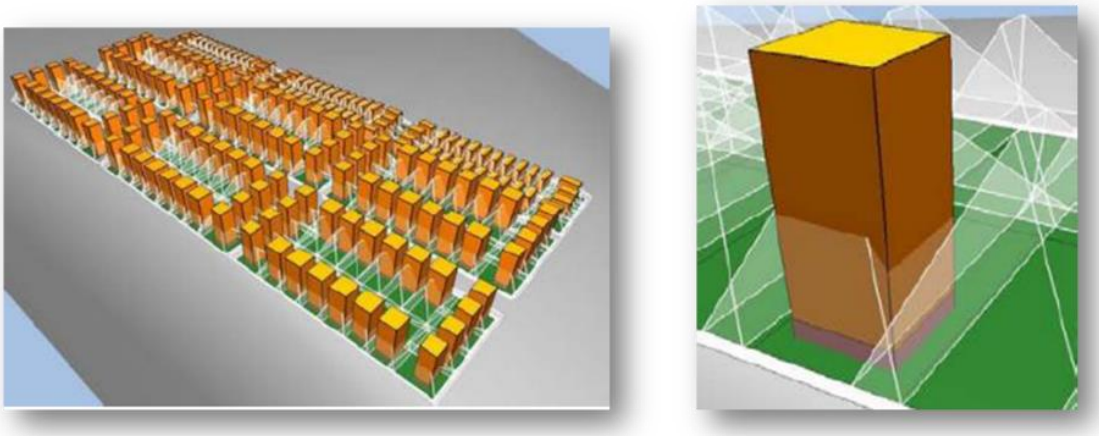


Figura 26 – Envelopes solares gerados através do uso do software *Cityzoom*
Fonte: PÉREZ, 2013.

O aplicativo *DIVA* para *Grasshopper* funciona dentro do ambiente *Rhinoceros* e permite a simulação de desempenho dos edifícios e áreas urbanas em modelos 3D, através de variáveis como iluminação natural, radiação solar, energia por meio de suas ferramentas de análise: *DIVA Daylight, DIVA Thermal* e *Solar Tools*. Entre as ferramentas solares, o componente Envelope Solar, gera o envelope a partir dos dados de latitude, período de tempo e que se deseja acesso ao sol e o perímetro do lote no qual o envelope deverá ser gerado.

Este aplicativo tem como vantagem a verificação das questões energéticas e de iluminação natural ainda na fase inicial de projeto. A Fig.27 apresenta as ferramentas solares no ambiente *Grasshopper* e o componente Envelope Solar gerado com o uso do *software DIVA*.

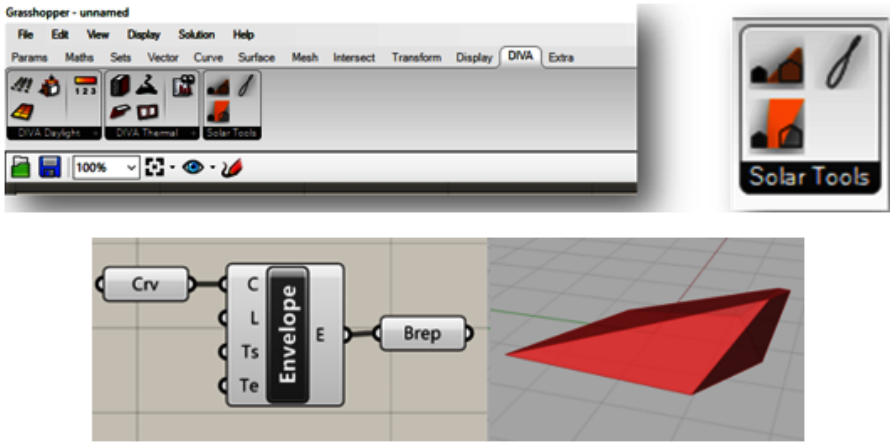


Figura 27 – Ferramentas solares no ambiente Grasshopper e o componente Envelope Solar gerado no software DIVA
Fonte: DIVA4RHINO[12]

[12] Disponível em: http://diva4rhino.com/ Acesso em nov. 2016

Dessa forma, tanto nos métodos não computacionais como nos métodos computacionais, são utilizados ângulos solares e dados relativos ao movimento aparente do sol, no entanto, considerando a rapidez de visualização dos dados, o método computacional é mais eficiente na geração do envelope, todavia, o conhecimento do método não computacional é fundamental para o entendimento do método Envelope Solar.

2.10 Estado atual da arte

A revisão de literatura buscou referenciais teóricos que focaram primeiramente temas ligados ao acesso ao sol e a legislação urbanística. Assim, foram analisados diferentes trabalhos os quais abordaram os seguintes temas: estudos de insolação em zonas urbanas através do Envelope Solar; estudos de insolação em zonas urbanas com o uso de outros instrumentos e estudos de legislação urbanística versus iluminação natural.

2.10.1 Estudos de insolação em zonas urbanas através do Envelope Solar

Diferentes pesquisas propõem o uso do método Envelope Solar para a garantia de acesso solar no ambiente urbano conforme descrevem Capeluto et al (2005) em seu trabalho, no qual mencionam estudos de diferentes autores sobre o método.

Shaviv (1975), propõe “um modelo computacional para projeto de proteções externas fixas”, seguido por Arumi (1979) que também desenvolveu um modelo computacional que determina o máximo permitido de altura para prédios que não viola os direitos solares de edifícios vizinhos existentes.

Schiler e Uen-Fang (1993) desenvolveram um programa computacional para a geração de envelopes solares para lotes retangulares planos baseados no trabalho de Knowles (1981) que sugeriu “um método para assegurar os direitos solares para cada unidade residencial em uma comunidade”.

Dekay (1992), realizou uma análise comparativa de vários envelopes solares que permitiam o acesso à luz do dia e ainda, Capeluto e Shaviv (1997, 2001)

sugeriram a criação de dois tipos diferentes de envelopes solares: Envelope de direitos solares[13] e o Envelope de coleta de energia solar[14].

O estudo de Capeluto et al (2005) considerou que durante os estágios iniciais de projeto de bairros urbanos, o projetista lida principalmente com as características geométricas dos prédios e suas proporções, além de suas alturas e distancias entre si. Esses parâmetros relacionam-se ao perfil, dimensões e orientação de ruas e espaços abertos. Dessa forma, essas características têm influência crucial no desempenho futuro e na qualidade do ambiente construído.

Nesse estudo, os autores apresentam uma ferramenta de projeto baseada no método Envelope Solar que pode ser utilizada em estágios iniciais de projeto para planejamento urbano chamada SustArc. Essa ferramenta fornece a geração e avaliação de diferentes configurações de prédios, garantindo o acesso solar de cada edifício da vizinhança e espaços abertos, como calçadas, jardins e praças.

O uso desse método também pode ser observado no trabalho de Shaviv et al (2001), um estudo de caso em Tel Aviv (Israel), no qual o Envelope Solar foi utilizado para o projeto de um novo distrito de negócios em uma área de alta densidade urbana. De acordo com o estudo, usando esse conceito pode-se determinar o máximo de altura permitida para novos prédios garantindo às propriedades, insolação na vizinhança residencial existente.

Muitos autores vêm trabalhando com o tema acesso ao sol e sua relação com a morfologia das cidades que por sua vez ficam pré-definidas pelos índices urbanísticos impostos pelos Planos Diretores de cada município. No âmbito brasileiro, destacam-se os trabalhos de Lins et al (2009), Pérez e Fávero (2008), Assis, et al (2007) e Pereira e Silva (1997) que estudaram o conceito de Envelope Solar.

Lins et al (2009) trabalharam com simulações em malhas urbanas aplicando o conceito de Envelope Solar. Para isto, utilizaram o software *Cityzoom* para suas análises e demonstraram que a malha que respeita o envelope proporciona um melhor aproveitamento da energia solar.

---

[13] Apresenta o máximo de altura permitida para edifícios que não viola os direitos solares de cada prédio existente durante um dado período do ano.

[14] Apresenta a melhor localização possível de janelas e de coletores de energia solar, os quais não são sombreados por edifícios da vizinhança existente, durante um dado período do inverno.

Estudo semelhante foi realizado por Pérez e Fávero (2008) na cidade de Campinas-SP onde o Envelope Solar foi utilizado como instrumento de análise e regulamentação do Direito ao Sol.

O trabalho desenvolvido por Assis, et al (2007)descreve uma experiência de regulamentação em escala urbana na qual o acesso sol é garantido em cada lote de modo a viabilizar o uso de sistemas de conversão solar térmica através da integração do conceito de Envelope Solar à lei de uso e ocupação do solo no município de Paracatu - MG. O estudo mostrou que é possível e viável a integração do conceito de Envelope Solar ao planejamento urbano de cidades de médio porte no país com base em dados existentes de insolação de cada município e da tecnologia disponível para sistemas de conversão de energia.

Pereira e Silva (1997), estudaram uma sistematização do Envelope Solar e compatibilização de arquivos com um software que utiliza máscaras de obstrução solar. Através de um estudo de caso realizado em um conjunto habitacional de Florianópolis – SC, cruzaram informações de um envelope solar com o plano diretor e outros parâmetros para possibilitar a aplicação do método em diferentes situações urbanas. Com isso, foi possível verificar a possibilidade de proporcionar uma correta e eficiente ocupação do espaço urbano, por meio do controle da obstrução solar e da abóbada celeste.

2.10.2 Estudos de insolação em zonas urbanas com o uso de outras ferramentas

O Fator de visão do céu (FVC), é a variável utilizada nas pesquisas de Leal et al (2013), Sonza et al (2010) e Leder e Pereira (2008) os quais definem a referida variável de diferentes formas conforme descrito a seguir:

Para Leal et al (2013) o FVC é “uma das ferramentas aplicadas para a avaliação de um ambiente urbano e sua relação com a influência da luz natural”. As autoras apontam diversos estudos na área como os trabalhos desenvolvidos por Rocha (2007) que destaca que o Fator de visão do céu está diretamente ligado ao sombreamento da cidade; Córica e Pattini (2006) que consideram a importância do FVC nos estudos de acessibilidade solar nos ambientes urbanos e condicionamento térmico e Chapaman, et al (2002), que afirmam que este parâmetro é adimensional assumindo valores de 0 a 1 indicando a quantidade de céu visível em um determinado

local. Assim, um valor igual a zero significa um terreno totalmente aberto, ou seja, livre de obstruções, já espaços com obstruções o valor corresponde a um.

Sonza et al (2010) em sua pesquisa, relatam que uma das maneiras de analisar as relações entre o ambiente urbano e as áreas edificadas é através do FVC, pois através desta variável é possível verificar a quantidade de radiação solar incidente em uma dada superfície e assim definir métodos que possam garantir condições mínimas de insolação. Portanto, para estes autores, o FVC é definido pela relação entre altura e largura do cenário urbano o qual se origina dos índices do Plano Diretor.

Em outro trabalho, Leder e Pereira (2008), avaliam o impacto da legislação urbanística na disponibilidade de luz natural em Florianópolis – SC, usando como parâmetros de análise, os conceitos: Fator de céu visível (FCV); Fator de céu preferível (FCP) e Fator de luz diurna (FLD). Estes autores dividem os parâmetros de análise do desempenho da luz natural em externos e internos, sendo o (FCV) considerado como parâmetro externo que “representa o percentual da abóbada desobstruída que é visualizada a partir de determinado ponto”.

A variável destacada por Scalco et al (2010) e Ng (2005) é o Fator de luz diurna vertical (FLDV) ou Componente Celeste Vertical (CCV) a qual foi utilizada como parâmetro-base para a criação de outros parâmetros de análise como o Área de visão desobstruída (AVD). As duas variáveis levam em consideração as porções obstruídas e desobstruídas para a avaliação da iluminação natural incidente.

Scalco et al (2010) consideram ainda em seu estudo, o parâmetro de desempenho de iluminação chamado janela de céu preferível (JCP). Este parâmetro foi desenvolvido por Leder (2007) em sua tese de doutorado, o qual consiste em uma parte do céu limitada por ângulos de azimute e altura solar tratando-se, portanto de “uma zona angular onde o potencial da iluminação natural em ambientes internos é máximo”. Dessa forma, quanto maior o nível de desobstrução da (JCP), maior será o aproveitamento da iluminação natural.

Seguindo a análise, Leder e Pereira (2008) utilizam o Fator de luz do dia (FLD) e a Iluminância (E) como parâmetros de desempenho da Iluminação natural divididos em parâmetros externos e internos respectivamente. O Fator de luz do dia (FLD), é definido como a razão entre a Iluminância (E) interna sobre um plano horizontal e a

iluminância observada no ambiente externo, sobre uma superfície horizontal e desobstruída para condição de céu encoberto.

Em relação à iluminância (E), é importante destacar que embora este quesito seja referência e que tenha dado origem a outros parâmetros de análise, ele não é o mais adequado para avaliação do ambiente urbano, devido à variação da disponibilidade de luz solar ao longo do dia. Desse modo, a Iluminância (E) foi utilizada no trabalho Leder e Pereira (2008) apenas para análise dos cenários internos.

No âmbito dos parâmetros de desempenho de insolação, este critério pode ser observado nos trabalhos de Pérez e Fávero (2008) e Scalco et al (2010).

Os primeiros autores consideram em sua pesquisa o tempo de insolação em função da salubridade, já os segundos consideram a radiação ponderada (RP), critério que foi desenvolvido por Aroztegui (1980) e que diz respeito à satisfação ou insatisfação humana produzida pela radiação solar e que leva em consideração fatores de representação geométrica, psicofisiológicos e climáticos. É representado por um sistema de ponderação da radiação solar como a diferença entre a temperatura externa do ar e a temperatura neutra.

2.10.3 Estudos de Legislação Urbanística versus Iluminação Natural

No âmbito dos trabalhos que focaram no tema legislação urbanística, destacam-se: Leder, et al (2006), Souza, et al (2007), Laranja, et al (2009).

O estudo desenvolvido por Leder, et al (2006), analisa a legislação urbanística através de critérios de insolação e luz natural, destacando que a forma de garantia do direito à luz natural é basicamente, através da legislação de uso do solo que estabelece limites de altura, recuos e afastamento entre as edificações. O estudo objetivou analisar o impacto da aplicação dos limites máximos de ocupação do solo, permitidos pela legislação na insolação e acesso à luz natural nos espaços abertos no meio urbano. Os resultados do estudo, demonstram que o máximo aproveitamento do solo permitido pela legislação pode resultar em significativa redução da insolação e iluminação natural no meio urbano, ocasionando uma redução da possibilidade de aproveitamento desses recursos.

No trabalho desenvolvido por Souza, et al (2007), apresenta-se uma experiência desenvolvida nos municípios mineiros de Leopoldina, Paracatu, Muriaé e

Sete Lagoas, nos quais foram implementados conceitos e métodos de avaliação e planejamento ligados a aspectos do conforto ambiental, na elaboração de leis complementares (Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Código de Posturas e de Obras). O objetivo do trabalho, foi a elaboração de uma legislação melhor adaptada à realidade dos municípios, que contou com o trabalho de uma equipe multidisciplinar coordenada pela Escola de arquitetura da UFMG.

Laranja, et al (2009) apresenta uma discussão que considera as regulamentações urbanas e edílicas nacionais e a iluminação natural. O estudo aponta abordagens diferenciadas a respeito da iluminação natural por essas regulamentações de capitais brasileiras, analisando os avanços ou retrocessos na disponibilidade da iluminação natural no ambiente interno. Foram observadas as alturas e afastamentos das edificações, áreas de aberturas e profundidade dos ambientes. Como avanços, foram constatadas as relações entre altura e afastamento das edificações, relação entre afastamentos e orientação geográfica da edificação, possibilidade de inserção de soluções de projeto sobre as questões lumínicas e térmicas e a obrigatoriedade em relação ao uso de dispositivos de proteção solar em alguns ambientes. Como retrocessos, se observou a negligência em relação as questões como característica da abóboda celeste, orientação das fachadas das edificações e superfícies refletoras externas e internas, entre outros.

A tab.1 apresenta a síntese dos principais trabalhos científicos na área.

Tabela 1 – Tabela síntese da revisão bibliográfica

AUTOR / ANO	METODOLOGIA	PARÂMETROS AVALIADOS
1. LEAL et al (2013)	Simulação	FCV
2. SONZA et al (2010)	Simulação	Índices Urbanísticos e FVC
3. SCALCO et al (2010)	Simulação	Variáveis físicas derivadas (FLDV, JCP, RP)
4. LINS et al (2009)	Simulação Aplicação do conceito de Envelope Solar.	Índices Urbanísticos
5. LARANJA, et al (2009)	Revisão da legislação	Índices Urbanísticos
6. PÉREZ e FÁVERO (2008)	Revisão da legislação; Simulação; Verificação das condições de insolação em diferentes períodos com o uso do conceito de Envelope Solar.	Índices Urbanísticos e Variáveis físicas (Insolação e sombreamento)
7. LEDER e PEREIRA (2008)	Simulação	Variáveis físicas (Iluminância-E) Variáveis físicas derivadas (FVC, FCP, FLD)
8. ASSIS, et al (2007)	Aplicação do conceito de Envelope Solar.	Índices Urbanísticos
9. SOUZA, et al (2007)	Revisão de legislações	Índices Urbanísticos
10. LEDER, et al (2006)	Simulação	Variáveis físicas derivadas (FCV), Variáveis físicas (Iluminância – E, Insolação)
11. NG (2005)	Simulação	Variáveis físicas derivadas (FLDV)
12. CAPELUTO, et al (2005)	Estudos com uso do conceito de Envelope Solar.	Variáveis físicas (Insolação e sombreamento)
13. SHAVIV, et al (2001)	Aplicação do conceito de Envelope Solar. Simulação	Índices Urbanísticos
14. PEREIRA e SILVA (1997)	Aplicação do conceito de Envelope Solar. Simulação	Ângulos limites de obstrução

Os referenciais teóricos analisados, demonstraram que a maioria dos estudos adotou como metodologia o Envelope Solar associado a simulação computacional, utilizando como parâmetros de avaliação os índices urbanísticos, buscando avaliar as condições de insolação nas áreas estudadas. Na bibliografia de referência também se encontrou a análise de outras variáveis como fator de céu visível, iluminância, radiação solar, associadas a simulação computacional.

Grande parte dos trabalhos que estudaram a legislação urbanística com enfoque na iluminação natural, fizeram uma revisão das leis urbanísticas vigentes em diversas cidades brasileiras, analisando os índices urbanísticos propostos quanto ao seu impacto na qualidade do ambiente construído.

Assim, o estado atual da arte indicou uma diretriz a ser seguida na proposição da metodologia para esse trabalho de dissertação.

3. METODOLOGIA

Este trabalho de dissertação teve como objetivo verificar como os máximos volumes edificados permitidos pelos índices urbanísticos propostos pelos sucessivos planos diretores de Pelotas-RS, comportaram-se frente a uma necessidade mínima de horas de insolação em diferentes configurações de lotes em zonas residenciais. Para tanto, empregou como método, a simulação computacional e o Envelope Solar.

Foi analisado o comportamento do máximo volume edificado permitido pelo I, II e III Planos Diretores de Pelotas, e sua relação com o envelope solar em três diferentes configurações de lotes (pequeno, grande e de esquina), definidos em função de sua orientação solar, área e dimensão de testada, localizados em três recortes urbanos de zonas residenciais que mantiveram suas características quanto ao uso e ocupação do solo ao longo dos três Planos Diretores do município (Zonas Residenciais I,II e III).

A simulação computacional utilizou programas computacionais próprios, que geraram os envelopes solares e os modelos tridimensionais dos volumes edificados decorrentes da aplicação dos máximos índices urbanísticos propostos pelos planos diretores de Pelotas.

Ao final do capítulo, será apresentada a síntese das etapas metodológicas e as pranchas resumo que demonstram o processo para a definição das áreas de estudo e ocupação máxima permitida por cada regramento urbano nos lotes de estudo.

Apresentam-se a seguir, em ordem cronológica, as diversas etapas procedimentais e metodológicas que nortearam o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Revisão de literatura

A Revisão de literatura buscou identificar os principais conceitos que conduzem às questões relativas ao acesso e a radiação solar no espaço urbano, buscando-se trabalhos acadêmicos relativos à área em questão que foram significativos principalmente na escolha do método a ser usado.

3.2 Definição das áreas de estudo

As áreas escolhidas para esse estudo foram estabelecidas através do mapeamento das zonas residenciais propostas por cada um dos planos diretores da cidade. Por meio da sobreposição desses mapas urbanos, elegeram-se locais onde as zonas tivessem mantido, ao longo do tempo, a caracteristica de uso predominantemente residencial. Dentro das zonas residenciais, os critérios utilizados para a escolha dos quarteirões a serem utilizados foram a presença de lotes regulares, de diferentes tamanhos de testada e área (pequenos e grandes), a localização no quarteirão (centro de quadra e lotes de esquina) e orientação solar.

A primeira zona definida para este estudo, refere-se à Zona Residencial 1- ZR1 no I e II Plano Diretor. Atualmente o III Plano Diretor denomina a zona como Área Especial de Interesse do Ambiente Cultural - AEIAC / Zona de Preservação do Patrimônio Cultural – ZPPC, zona originada no projeto de urbanização promovido pelo Segundo Loteamento de Pelotas, de 1830, que expandiu as ruas longitudinais do primeiro loteamento, em direção ao Canal São Gonçalo.

A segunda zona diz respeito à Zona Residencial 2 - ZR2 no I e II Plano Diretor. O III Plano Diretor, enquadra a zona como Área Especial de Interesse do Ambiente Cultural – AEIAC / Zona Norte, que faz parte do projeto de urbanização do Terceiro Loteamento, 1858, que expandiu a cidade na direção norte formando o Bairro da Luz.

A terceira zona escolhida corresponde à Zona Residencial 3 - ZR3, assim denominada no I e II Plano Diretor, atual Área Especial de Interesse Social – AEIS no III Plano Diretor, área pertencente ao Bairro Bom Jesus, loteamento popular implementado no período de 1928 a 1932.

A Fig. 28 apresenta a localização das zonas de estudo no município.

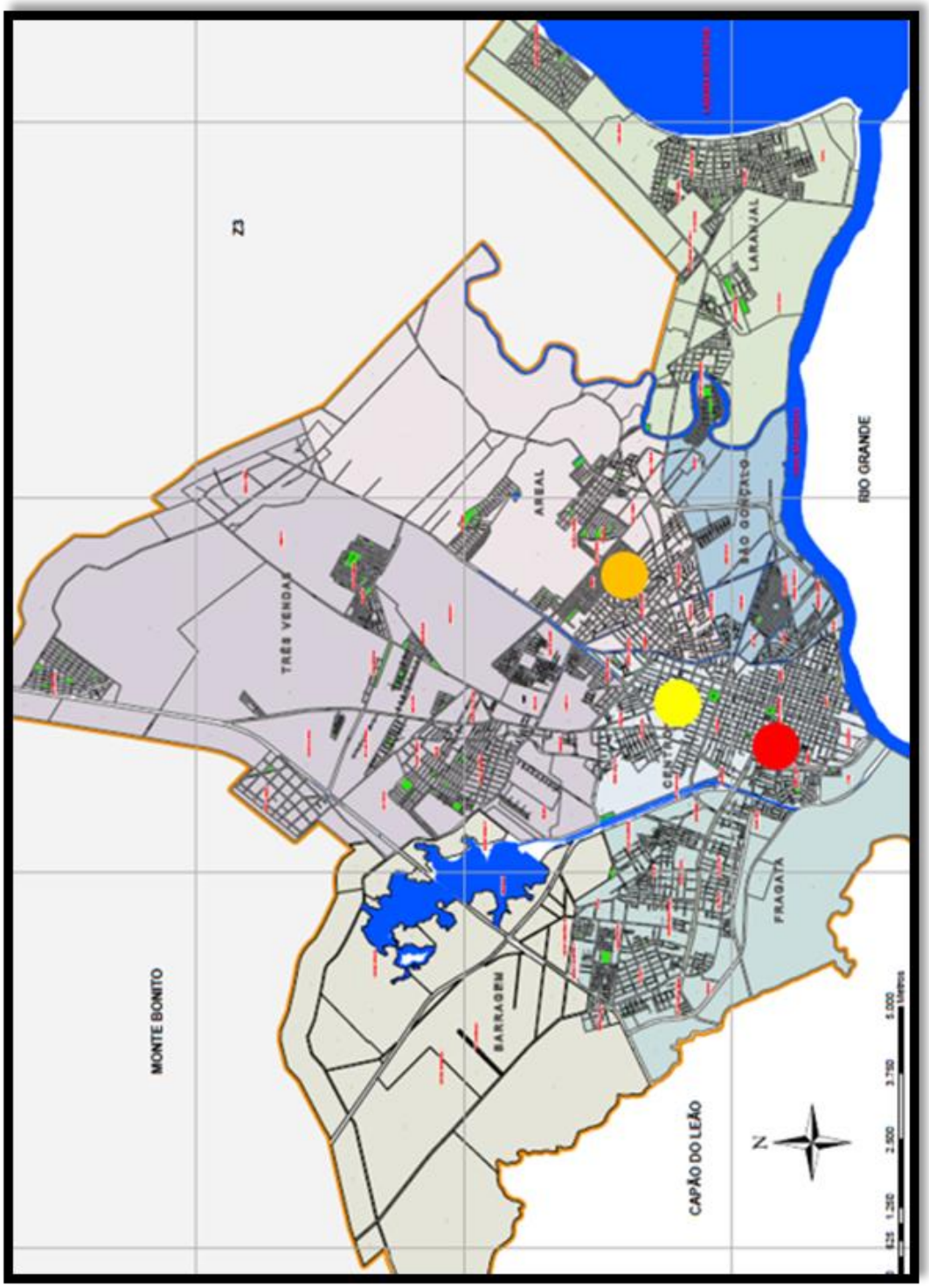


Figura 28 – Localização da ZR1, ZR2 e ZR3
Fonte: PMP – Mapa de quadras e ruas, 2012 – Adaptado pela autora.

3.3 Mapeamento dos índices urbanísticos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas – RS para as zonas de estudo

Foram identificados os índices urbanísticos propostos por cada um dos planos diretores nas zonas de estudo e como essas variáveis se apresentavam no I, II e III Plano Diretor de Pelotas – RS com o objetivo de verificar o que foi modificado a partir de cada plano e nas transições entre os mesmos, cujos mapeamentos se apresentam nos itens a seguir.

3.4 Definição dos lotes estudados

A partir da definição das áreas de estudo, foi realizado levantamento do número de lotes em cada zona residencial, buscando identificar padrões de testada e área mais recorrentes, com o objetivo de selecionar os recortes urbanos nos quais foram aplicados a metodologia proposta.

Os resultados encontrados indicaram uma ocorrencia de lotes regulares com testada menor que 6m, os quais foram denominados lotes pequenos, bem como, lotes com testada maior que 6m, os quais foram chamados lotes grandes.

Dessa forma, de acordo com o levantamento se verificou que não havia diferença entre os lotes nas três zonas, e por isso, se optou pela aplicação do método em três diferentes configurações de lotes (pequeno, grande e de esquina) em cada recorte urbano. A tab.2 apresenta os resultados.

Tabela 2 – Levantamento do número de lotes e testadas em cada área de estudo

ZONA RESIDENCIAL	LOTES COM TESTADA MENOR QUE 6M (Pequeno)	LOTES COM TESTADA MAIOR QUE 6M (Grande)	NUM. TOTAL LOTES
Zona Residencial 1 – ZR1	1844	1899	3743
Zona Residencial 2 – ZR2	1355	1500	2855
Zona Residencial 3 – ZR3	1647	5751	7398

Fonte: Autora, 2015

3.5 Zona residencial 1 – ZR1

O recorte escolhido na ZR1, localiza-se à nordeste na cidade entre as ruas Tiradentes e Dom Pedro II e as ruas Barão de Santa Tecla e General Osório, conforme ilustra a Fig. 29.

Figura 29 – Imagem aérea do recorte da ZR1 e localização dos lotes escolhidos para o estudo
Fonte: GOOGLE EARTH, 2016 e PMP - MUB, 2011– Adaptado pela autora.

A Fig. 30, ilustra as visuais do recorte urbano da ZR1.

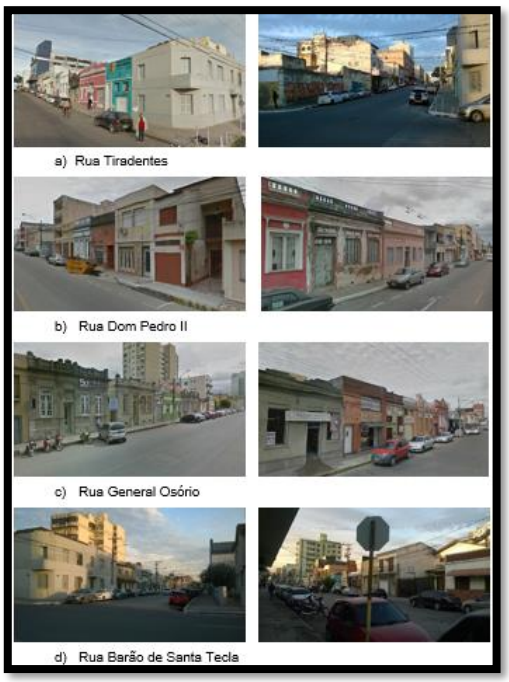


Figura 30 - Visuais da área de estudo na ZR1
Fonte: GOOGLE EARTH, 2016– Adaptado pela autora.

As tab.3 e 4, apresentam os índices urbanísticos e os recuos propostos pelo I, II e III PDP para a ZR1.

A análise dos índices previstos para a zona de estudo, com a verificação dos parâmetros que foram modificados em cada um dos regimes urbanísticos e nas transições entre os mesmos, será apresentada no Capítulo 4 – Resultados.

Tabela 3 – Índice de aproveitamento, Taxa de ocupação, Altura das edificações e Largura das vias, propostas pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas para usos conformes para a ZR1

PLANO DIRETOR	ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (I.A)	TAXA DE OCUPAÇÃO (T.O)	ALTURA MÁXIMA DAS EDIFICAÇÕES	LARGURA DAS VIAS
I PDP	4	50%	Permitia H acima de 24m**	Variáveis entre 16m e 20m (Cap. II - Art.3°)
II PDP	2	66,6%	12m ou 4 pavimentos	Variáveis entre 9,60m (Cap.II-Art.9) e 14,40m (Cap. II – Art.8)
III PDP (Em todo perímetro urbano - Art. 123)	-	70%	10m	Variáveis entre 16m (Art. 109) e 18m (Art. 108)
Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, desde que o lote possua testada igual ou superior a 12m - Art. 124	-	70%	13m*	Variáveis entre 16m (Art. 109) e 18m (Art. 108).

OBS.:
* Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m.
** Além do recuo de ajardinamento, será exigido um recuo de frente à razão de 1m para cada pavimento contado acima dos 24m. Este recuo será adotado desde o pavimento térreo.

Fonte: PMP (1968,1980 e 2008)

Tabela 4 – Recuos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas

PLANO DIRETOR	RECUOS			
	AJARDINAMENTO	FRONTAL	LATERAL	FUNDOS
I PDP	4m	1m para cada pav. acima de 24m	Min. 2,5m em cada divisa*	Min. 3,5m (exceto quando ocupado por garagens até 6m) *
II PDP	4m	-	L/4 Min. 2,5m (em pelo menos uma divisa)**	P/10 Min. 2,5m**
III PDP (Em todo perímetro urbano - Art. 123)	4m***	-	-	3,0m
Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, desde que o lote possua testada igual ou superior a 12m - Art. 124	4m***	-	R= (0,4 x H) /2	R= (0,4 x H) /2
OBS.: *O recuo lateral e de fundos não será exigido até h=6m em caso de Residência Unifamiliar (Art. 14;15 e 16 da Lei 1672/68)				
** O recuo lateral será dispensado nas edificações residenciais unifamiliares que não se situem em lote de esquina. (Art. 65 - § 1° Lei 2565/80)				
*** O recuo de ajardinamento poderá ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato caso se evidencie no raio de 100m, a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial (Art. 123 – Lei 5502/08)				

Fonte: PMP (1968,1980 e 2008)

A ZRI se configura como uma zona de lotes regulares com pouca testada, construções no alinhamento sem recuos laterais, com predominância de residências com 1 e 2 pavimentos. Trata-se de uma área de ocupação consolidada, de grande densidade e com a presença de edifícios em altura. Essa zona localiza-se muito próxima à principal zona comercial da cidade.

3.5 Zona residencial 2 – ZR2

O recorte escolhido na ZR2 se localiza também à nordeste na cidade entre as ruas José Pinto Martins e Antônio dos Anjos e as ruas Barão de Santa Tecla e General Osório,conforme apresenta a Fig. 31.

Figura 31 – Imagem aérea do recorte da ZR2 e localização dos lotes escolhidos para o estudo
Fonte: GOOGLE EARTH, 2016 e PMP - MUB, 2011 – Adaptado pela autora.

A Fig. 32, ilustra as visuais da ZR2.

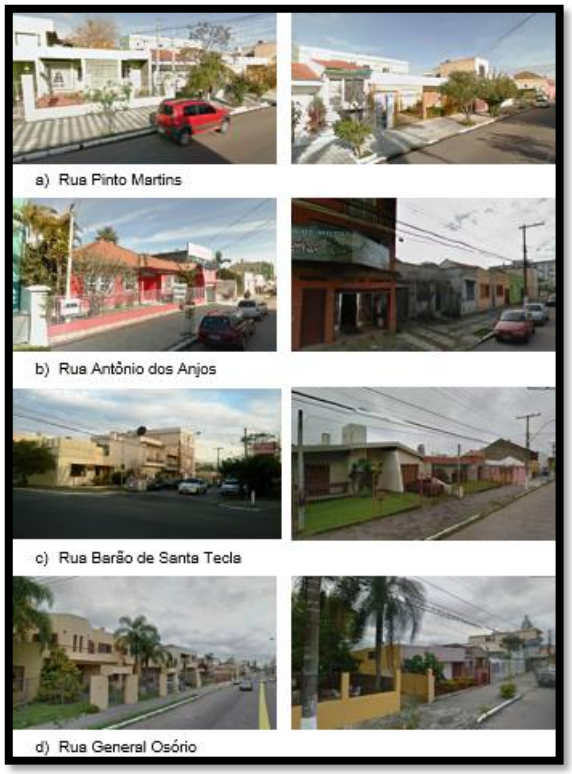


Figura 32 - Visuais da área de estudo na ZR2
Fonte: GOOGLE EARTH, 2016– Adaptado pela autora.

As tab.5 e 6 apresentam os índices urbanísticos e os recuos previstos pelo I, II e III PDP para a ZR2.

Da mesma forma que na ZR1, a análise dos índices previstos para a zona, com a verificação dos parâmetros que foram modificados em cada um dos regimes urbanísticos e nas transições entre os mesmos, será apresentada no Capítulo 4 – Resultados.

Tabela 5 – Índice de aproveitamento, Taxa de ocupação, Altura das edificações e Largura das vias, propostas pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas - RS para usos conformes para a ZR2

PLANO DIRETOR	ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (I.A)	TAXA DE OCUPAÇÃO (T.O)	ALTURA MÁXIMA DAS EDIFICAÇÕES	LARGURA DAS VIAS
I PDP	2	50%	Permita H acima de 12m**	Variáveis entre 16m e 20m (Cap. II – Art. 3°)
II PDP	2	66,6%	12m ou 4 pavimentos	Variáveis entre 9,60m (Cap.II- Art.9) e 14,40m (Cap. II – Art.8)
III PDP (Em todo perímetro urbano - Art. 123)	-	70%	10m	Variáveis entre 16m (Art. 109) e 18m (Art. 108)
Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, desde que o lote possua testada igual ou superior a 12m - Art. 124	-	70%	13m*	Variáveis entre 16m (Art. 109) e 18m (Art. 108).

OBS.: * Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m.
**** Além do recuo de ajardinamento, será exigido um recuo de frente à razão de 1m para cada pavimento que exceda os 12m de altura. Este recuo será adotado desde o pavimento térreo.**

Fonte: PMP (1968,1980 e 2008)

Tabela 6 – Recuos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas – RS

PLANO DIRETOR	RECUOS			
	AJARDINAMENTO	FRONTAL	LATERAL	FUNDOS
I PDP – Lei 1672/68	4m	1m para cada pav. acima de 12m	Min. 2,5m em cada divisa*	Min. 3,5m (exceto quando ocupado por garagens até 6m)*
II PDP – Lei 2565/80	4m	-	L/4 Min. 2,5m (em pelo menos uma divisa)**	P/10 Min. 2,5m**
III PDP – Lei 5502/08 (Em todo perímetro urbano - Art. 123)	4m***	-	-	3,0m
Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, desde que o lote possua testada igual ou superior a 12m - Art. 124	4m***	-	R= (0,4 x H) /2	R= (0,4 x H) /2

OBS.: *O recuo lateral e de fundos não será exigido até h=6m em caso de Residência Unifamiliar (Art. 14;15 e 16 da Lei 1672/68)

** O recuo lateral será dispensado nas edificações residenciais unifamiliares que não se situem em lote de esquina (Art. 65 - § 1° Lei 2565/80)

*** O recuo de ajardinamento poderá ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato caso se evidencie no raio de 100m, a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial (Art. 123 – Lei 5502/08)

Fonte: PMP (1968,1980 e 2008)

Esta área foi escolhida em razão de possuir lotes com maiores áreas e uso predominantemente residencial. Caracteriza-se por apresentar lotes regulares de tamanhos variados e edificações com alturas que variam entre 1 e 2 pavimentos, com algumas construções em altura. Há predominância de construções no alinhamento predial nas ruas José Pinto Martins, Antônio dos Anjos e Barão de Santa Tecla. Na rua General Osório, há predominância de edificações com recuo de ajardinamento e recuo lateral.

3.6 Zona residencial 3 – ZR3

O recorte escolhido na ZR3 localiza-se à noroeste na cidade de Pelotas, entre as ruas Edith Equenique da Silva e Jornalista Guerreiro Vitória e as ruas Professor Mário Peiruque e Arnaldo Mesquita de Menezes (Fig.33).

Figura 33 – Imagem aérea do recorte da ZR3 e localização dos lotes escolhidos para o estudo
Fonte: GOOGLE EARTH, 2016 e PMP - MUB, 2011 – Adaptado pela autora.

A Fig. 34, ilustra as visuais da ZR3.

Figura 34 - Visuais da área de estudo na ZR3
Fonte: GOOGLE EARTH, 2016– Adaptado pela autora.

As tab.7 e 8 apresentam os índices urbanísticos e os recuos previstos pelo I, II e III PDP para a ZR3.

No Capítulo 4 – Resultados, segue a análise dos índices propostos para a zona, com a verificação dos parâmetros que foram modificados em cada um dos regimes urbanísticos e nas transições entre os mesmos.

Tabela 7 – Índice de aproveitamento, Taxa de ocupação, Altura das edificações e Largura das vias, propostas pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas para usos conformes para a ZR3

PLANO DIRETOR	ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (I.A)	TAXA DE OCUPAÇÃO (T.O)	ALTURA MÁXIMA DAS EDIFICAÇÕES	LARGURA DAS VIAS
I PDP	4	50%	Permita H acima de 24m**	Variáveis entre 16m e 20m (Cap. II – Art. 3°)
II PDP	1	66,6%	6m ou 2 pavimentos	Variáveis entre 9,60m (Cap.II- Art.9) e 14,40m (Cap. II – Art.8)
III PDP (Em todo perímetro urbano - Art. 123)	-	70%	10m	Variáveis entre 16m (Art. 109) e 18m (Art. 108)
Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, desde que o lote possua testada igual ou superior a 12m - Art. 124	-	70%	13m*	Variáveis entre 16m (Art. 109) e 18m (Art. 108).

OBS.: * Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m.
**** Além do recuo de ajardinamento, será exigido um recuo de frente à razão de 1m para cada pavimento contado acima dos 24m. Este recuo será adotado desde o pavimento térreo.**

Fonte: PMP (1968,1980 e 2008)

Tabela 8 – Recuos propostos pelo I, II e III Plano Diretor de Pelotas

PLANO DIRETOR	RECUOS			
	AJARDINAMENTO	FRONTAL	LATERAL	FUNDOS
I PDP	4m	1m para cada pav. acima de 24m	Min. 2,5m em cada divisa*	Min. 3,5m (exceto quando ocupado por garagens até 6m)*
II PDP	5m	-	L/4 Min. 2,5m (em pelo menos uma divisa)**	P/10 Min. 2,5m**
III PDP (Em todo perímetro urbano - Art. 123)	4m***	-	-	3,0m
Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, desde que o lote possua testada igual ou superior a 12m - Art. 124	4m***	-	R= (0,4 x H) /2	R= (0,4 x H) /2
OBS.: *O recuo lateral e de fundos não será exigido até h=6m em caso de Residência Unifamiliar (Art. 14;15 e 16 da Lei 1672/68)				
** O recuo lateral será dispensado nas edificações residenciais unifamiliares que não se situem em lote de esquina. (Art. 65 - § 1° Lei 2565/80)				
*** O recuo de ajardinamento poderá ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato caso se evidencie no raio de 100m, a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial (Art. 123 – Lei 5502/08)				

Fonte: PMP (1968,1980 e 2008)

Esta área tem como características, lotes regulares estreitos e compridos com a maioria das edificações recuadas em relação ao alinhamento predial e algumas recuadas lateralmente com predominância de construções baixas com 1 pavimento, sendo encontrados alguns exemplares com 2 pavimentos. Esta zona foi escolhida por ser uma área já consolidada e por ser distante do centro da cidade.

3.7 Definição do número de horas de insolação e acesso solar

Conforme determina o artigo 26 da Carta de Atenas (1933), o nível mínimo de insolação exigido para as edificações é de pelo menos 2 horas por dia em pelo menos uma das fachadas do edifício.

Na década de 50 foi proposto como critério a insolação de 1,5 a 2,5 horas para aproveitar o efeito bactericida do sol. Obolensky e Korzin (1982), mostraram, entretanto, que em 60% a 70% dos casos estudados, esta ação não era garantida pela insolação, o que invalidava o critério como exigência normativa. Mesmo assim, Pereira (1994), reconhece que este período pode cumprir com as necessidades psicológicas humanas quanto à insolação.

Knowles (1981) considera que a garantia de 6 horas de insolação é adequada utilizando em seus estudos do Envelope Solar o período das 9h às 15h.

Brown e Dekay (2007) relatam que os melhores horários de insolação se concentram em torno do meio - dia e a maioria da radiação ocorre entre as 10h e 14h.

Neste trabalho foi escolhido como padrão de insolação, duas horas diária, conforme considerada a garantia de pelo menos o nível mínimo de duas horas de insolação diária, conforme sugerido na Carta de Atenas (1933).

Com base nos trabalhos realizados pelos autores supracitados, os períodos de acesso solar, sobre os quais se geraram envelopes foram assim definidos: 9-11h;10-12h;11-13h;12-14h e 13-15h, em intervalos de duas horas, e também num intervalo de 4 horas, definido no período das 10-14h, com o objetivo de verificar o comportamento dos modelos de simulação frente ao Envelope Solar em um período maior que 2h.

3.8 Geração dos modelos computacionais tridimensionais dos volumes edificados decorrentes dos máximos índices urbanísticos do I, II e III PDP

Os modelos computacionais tridimensionais dos volumes edificados foram produzidos no *Google Sketch Up.* Este software foi escolhido por se tratar de uma ferramenta de modelagem de formas e volumes que opera de forma simplificada.

Foram gerados modelos de simulação dos volumes edificados para os lotes previamente definidos: Pequeno - P (testada até 6m); Grande - G (testada maior que 6m) e lote de Esquina – E, em recortes urbanos localizados na Zona residencial 1 (ZR1), Zona residencial 2 (ZR2) e Zona residencial 3 (ZR3).

Os modelos foram gerados obedecendo aos máximos índices urbanísticos previstos em cada um dos planos diretores, com alternativas de diferentes alturas e taxas de ocupação. É preciso destacar que em relação à ocupação nos lotes, no quesito recuos, foram aplicados os recuos mínimos exigidos por cada um dos planos. Desse modo, quando o cálculo apontava valores que excediam os valores máximos permitidos para a Taxa de Ocupação – T.O, realizaram-se ajustes nas dimensões em um dos afastamentos (lateral ou fundos) levando-se em consideração, a orientação solar mais adequada.

Em relação ao quesito alturas máximas permitidas, é importante salientar que embora o I PDP permitisse alturas superiores a 24m na (ZR1 e ZR3) e também alturas acima de 12m na (ZR2), desde que a edificação tivesse além do recuo de ajardinamento, recuo frontal de 1m para cada pavimento contado acima das referidas alturas, esta análise considerou apenas as alturas máximas sem o recuo frontal, uma vez que o escalonamento resultante da aplicação de tal recuo nos modelos de simulação tornava o processo de sobreposição dos envelopes solares e o cálculo do percentual de volume excedente mais complexo.

As tab. 9, 10 e 11 apresentam as alturas máximas dos modelos de simulação gerados para cada zona.

Tabela 9 – Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR1 para os lotes P, G e E no I e II PDP

	6m	**12m**	**24m[15]**
I PDP	x	x	x
II PDP	x	x	-

Fonte: autora, 2016

Tabela 10 – Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR2 para os lotes P, G e E no I e II PDP

	6m	**12m[16]**
I PDP	x	x
II PDP	x	x

Fonte: autora, 2016

Tabela 11 – Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR3 para os lotes P, G e E no I e II PDP

	6m	**12m**	**24m**
I PDP	x	x	x
II PDP	x	-	-

Fonte: autora, 2016

Para o III PDP, os modelos computacionais tiveram altura definida de acordo com a indicação dos art. 123 e 124[17]. A tab. 12 apresenta as alturas dos modelos para as zonas de estudo.

[15] O I PDP permitia alturas acima de 24m na ZR1 e ZR3, desde que a edificação, além do recuo de ajardinamento, tivesse recuo frontal à razão de 1m para cada pavimento contado acima dos 24m de altura. Este recuo seria adotado desde o pavimento térreo.

[16] O I PDP permita alturas superiores a 12m na ZR2, desde que a edificação, além do recuo de ajardinamento, tivesse recuo frontal à razão de 1m para cada pavimento contado acima dos 12m de altura. Este recuo seria adotado desde o pavimento térreo.

[17] De acordo com o Art. 124 da Lei 5502/08 que institui o III Plano Diretor de Pelotas, em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, será permitida edificação de até 13m de altura em lotes cujas testadas tenham dimensão igual ou superior a 12m.

Tabela 12 – Altura dos modelos de simulação gerados para a ZR1, ZR2 e ZR3 para os lotes P, G e E no III PDP

Altura dos modelos de simulação do III PDP para o recorte da ZR1, ZR2 e ZR3	**Lotes para os quais os modelos foram gerados**		
	P	G	E
10m	x	x	x
13m	-	x	x

Fonte: autora, 2016

Além disso, também foi verificado o desempenho das edificações quando posicionadas no alinhamento predial e recuadas 4m, conforme prevê a Lei 5502/08.

3.9 Geração dos envelopes solares no software *RHINOCEROS 3D* com o uso dos aplicativos *GRASSHOPPER* e *DIVA*

Os envelopes solares foram gerados no software de modelagem tridimensional *Rhinoceros 3D*, desenvolvido pela *Robert McNeel & Associates* utilizando os aplicativos *Grasshopper* e *DIVA.*

O *Grasshopper é* um aplicativo de modelagem paramétrica para o *Rhino 3D,* e o aplicativo *DIVA*, desenvolvido inicialmente pela Escola de Graduação em Design da Universidade de Harvard e atualmente distribuído pela *Solemma LLC,* permite realizar uma série de avaliações de desempenho ambiental, entre elas o Envelope Solar. O aplicativo constrói o envelope para uma determinada poligonal (lote) com base na latitude e hora de acesso solar para um ano inteiro. A Fig. 35, ilustra o processo de construção dos envelopes solares utilizando o *Rhino 3D* e os aplicativos *Grasshopper* e *DIVA*.

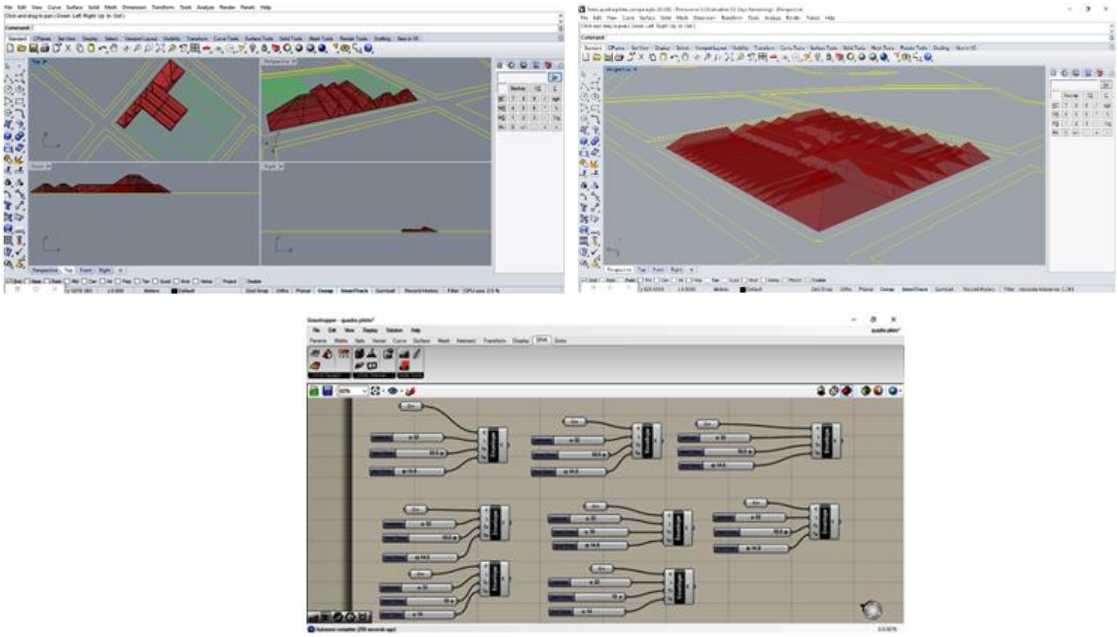


Figura 35 – Processo de construção dos Envelopes Solares no quarteirão do Estudo Piloto com o uso dos softwares *Rhinoceros* e dos aplicativos *Grasshopper* e *DIVA.*
Fonte: autora, 2015

Dessa forma, utilizando estas ferramentas, foram construídos os envelopes solares sobre os lotes P; G e E, para os recortes urbanos da ZR1, ZR2 e ZR3.

Os envelopes gerados, englobaram a poligonal do lote e avançaram sobre a calçada e a via, já que se encontram normalmente, desobstruídas à radiação solar.

Este critério foi escolhido com base no trabalho de Pereira e Silva (1997), estudo de caso realizado para um conjunto habitacional em Florianópolis – SC, onde o Envelope Solar foi aplicado lote a lote, sobre uma base de dois metros acima da linha do terreno e nos casos em que os lotes faziam frente as ruas, foi adotado o passeio oposto ao do lote como limite para o Envelope Solar.

Todavia, neste estudo, foi considerada a altura padrão de peitoril de janela, ou seja, as bases dos envelopes foram posicionados 1,0 metro acima da linha do terreno.

3.10 Transporte dos envelopes solares gerados no ambiente *Rhinoceros* para o ambiente *Google Sketch UP*

Após a geração dos envelopes solares nos programas citados, o passo seguinte foi seu transporte para o *Google Sketch UP,* onde foram gerados também os modelos computacionais tridimensionais dos volumes edificados, buscando identificar

qual o periodo em que as edificações tem menor percentual de volume fora dos limites do envelope solar.

A Fig. 36, apresenta a tela do *Google SketchUP* após transporte dos envelopes solares gerados no ambiente *Rhinoceros* com o uso dos aplicativos *Grasshopper* e *DIVA,* para cada periodo de acesso solar em um dos lotes analisados.

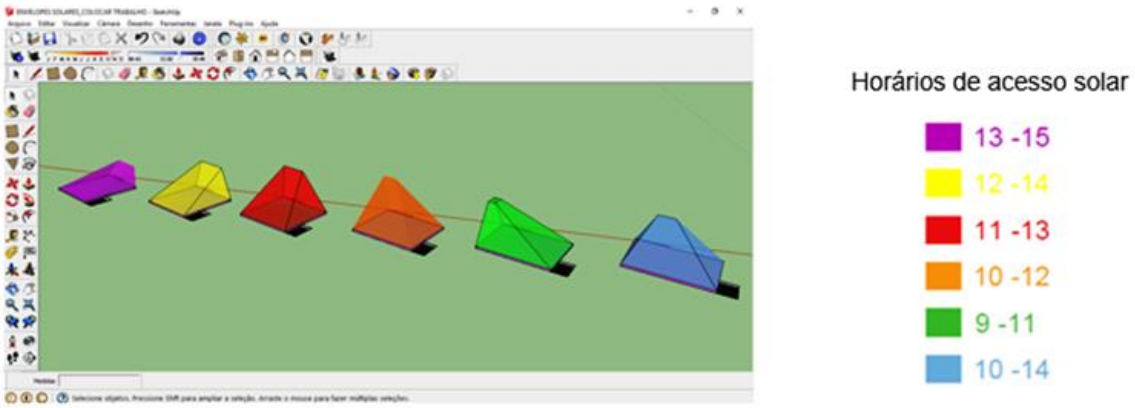


Figura 36 –Envelopes Solares gerados no ambiente *Rhinoceros* para cada horário de acesso solar após transporte para o software *Google Sketch Up* em um dos lotes analisados
Fonte: autora, 2015.

3.11 Sobreposição dos envelopes solares gerados para cada horário de acesso solar sobre os modelos tridimensionais de cada lote

A etapa seguinte consistiu na sobreposição dos envelopes solares de todos os horários de acesso solar sobre o modelo tridimensional desenvolvido para cada lote.

A Fig. 37 apresenta o resultado gráfico da sobreposição dos envelopes e do modelo tridimensional do volume edificado sobre um dos lotes estudados.

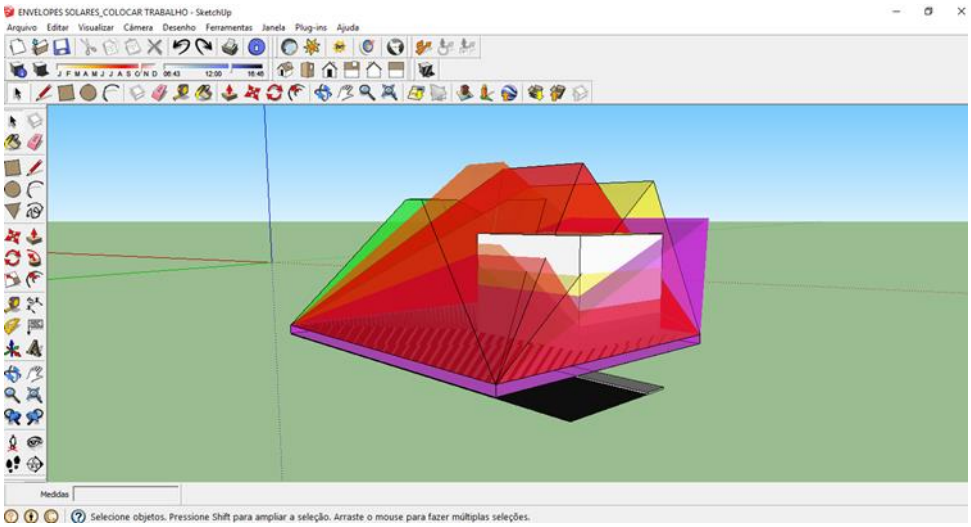
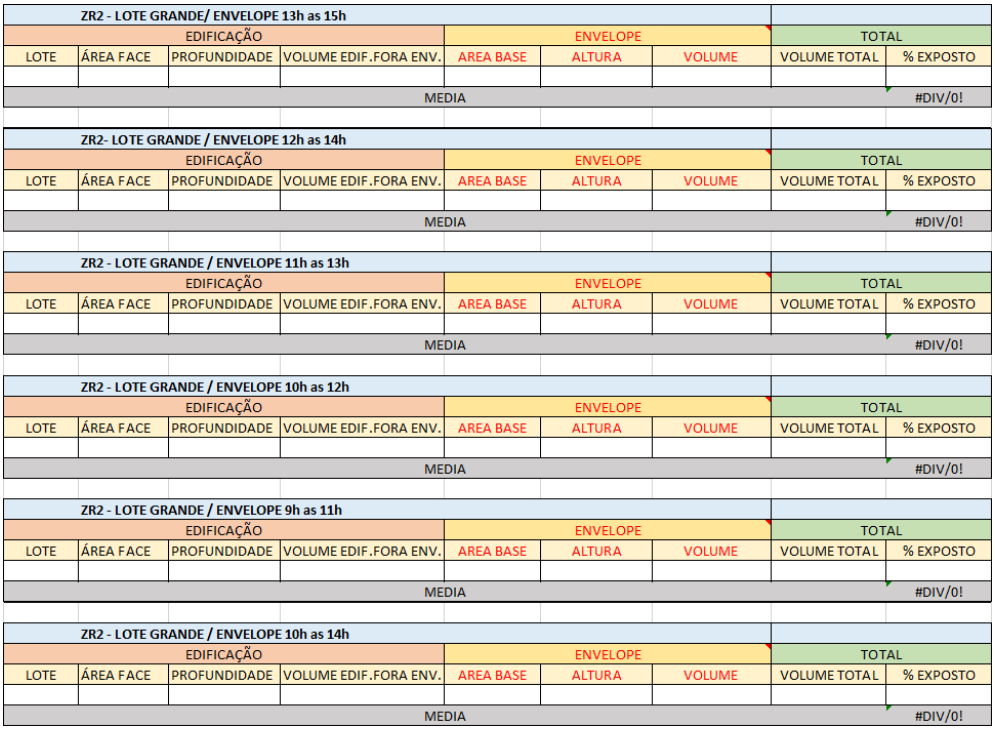


Figura 37 –Sobreposição de todos os Envelopes Solares e do volume edificado sobre o lote estudado
Fonte: autora, 2015.

3.12 Cálculo do percentual de volume edificado excedente aos limites estabelecidos pelos envelopes solares

Foram calculados os volumes das edificações decorrentes dos máximos índices propostos por cada plano diretor e o volume dos envelopes solares desenvolvidos para cada lote, chegando-se por subtração, no volume que excede os limites permitidos pelo envelope solar.

Nesse processo, foram utilizadas planilhas eletrônicas geradas no *Microsoft Office Excel* para a organização das informações e cálculo dos percentuais excedentes (Fig.38).



ZR2 - LOTE GRANDE/ ENVELOPE 13h as 15h								
EDIFICAÇÃO				ENVELOPE			TOTAL	
LOTE	ÁREA FACE	PROFUNDIDADE	VOLUME EDIF.FORA ENV.	AREA BASE	ALTURA	VOLUME	VOLUME TOTAL	% EXPOSTO
MEDIA								#DIV/0!

ZR2- LOTE GRANDE / ENVELOPE 12h as 14h								
EDIFICAÇÃO				ENVELOPE			TOTAL	
LOTE	ÁREA FACE	PROFUNDIDADE	VOLUME EDIF.FORA ENV.	AREA BASE	ALTURA	VOLUME	VOLUME TOTAL	% EXPOSTO
MEDIA								#DIV/0!

ZR2 - LOTE GRANDE / ENVELOPE 11h as 13h								
EDIFICAÇÃO				ENVELOPE			TOTAL	
LOTE	ÁREA FACE	PROFUNDIDADE	VOLUME EDIF.FORA ENV.	AREA BASE	ALTURA	VOLUME	VOLUME TOTAL	% EXPOSTO
MEDIA								#DIV/0!

ZR2 - LOTE GRANDE / ENVELOPE 10h as 12h								
EDIFICAÇÃO				ENVELOPE			TOTAL	
LOTE	ÁREA FACE	PROFUNDIDADE	VOLUME EDIF.FORA ENV.	AREA BASE	ALTURA	VOLUME	VOLUME TOTAL	% EXPOSTO
MEDIA								#DIV/0!

ZR2 - LOTE GRANDE / ENVELOPE 9h as 11h								
EDIFICAÇÃO				ENVELOPE			TOTAL	
LOTE	ÁREA FACE	PROFUNDIDADE	VOLUME EDIF.FORA ENV.	AREA BASE	ALTURA	VOLUME	VOLUME TOTAL	% EXPOSTO
MEDIA								#DIV/0!

ZR2 - LOTE GRANDE / ENVELOPE 10h as 14h								
EDIFICAÇÃO				ENVELOPE			TOTAL	
LOTE	ÁREA FACE	PROFUNDIDADE	VOLUME EDIF.FORA ENV.	AREA BASE	ALTURA	VOLUME	VOLUME TOTAL	% EXPOSTO
MEDIA								#DIV/0!

Figura 38 –Planilha eletrônica utilizada para organização das informações e cálculo dos percentuais excedentes.
Fonte: autora, 2015.

3.13 Comparação dos resultados

Foram comparados os desempenhos quanto ao percentual de volume que excedeu aos limites estabelecidos pelo Envelope Solar para os lotes P, G e E nos recortes urbanos da ZR1, ZR2 e ZR3, no I, II e III Plano Diretor de Pelotas-RS, representativo do comportamento do volume edificado frente a um período de insolação de duas horas. (Apêndice A, B e C)

3.14 Estudo Piloto

Com o objetivo de testar a metodologia proposta neste trabalho de dissertação, foi desenvolvido um estudo piloto que foi aplicado em um quarteirão contido numa zona residencial no bairro Areal, denominada Zona Residencial 3 – ZR3 no I e no II Plano Diretor de Pelotas, Leis 1672/68 e 2565/80 respectivamente. O III Plano Diretor de Pelotas - Lei 5502/08, em vigência, enquadra a área na regra geral do artigo 123.

Um dos principais desafios desse estudo, foi efetivamente gerar o envelope solar para os lotes contidos no quarteirão de análise. Para isto, em um primeiro momento tentou-se gerar o envelope através da técnica desenvolvida por Knowles (1981), na qual o volume do envelope é determinado pelo cruzamento diagonal dos ângulos solares sobre o terreno. Entretanto, visto que trata-se de um método no qual as representações são feitas em perspectiva isométrica, a sua compreensão torna-se mais difícil no desenho geométrico. Dessa forma, buscou-se como alternativa a técnica desenvolvida por Brown e Dekay (2007), que apresenta tabelas de ângulos e orientação para diferentes latitudes e que sugere a construção da geometria do envelope a partir de uma faixa horária do dia no qual o acesso solar deve ser mantido.

Assim, foram gerados envelopes solares para cada lote nos períodos compreendidos entre 10h e 14h. Esta técnica mostrou-se de fácil compreensão e aplicação, contudo, os envelopes são gerados apenas para os períodos críticos (solstício de verão e de inverno), o que foi adequado, já que o propósito era investigar se na pior situação (solstício de inverno), pelo menos uma das fachadas das edificações recebia um período mínimo de insolação de 2h, conforme indica a Carta de Atenas (1933).

Nesse sentido, constatou-se que para a extensão da análise para outras zonas residenciais, era necessário buscar uma técnica em que fossem gerados envelopes solares para o período de um ano inteiro.

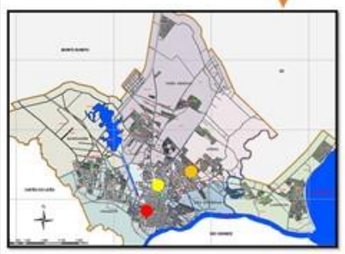
O estudo piloto concluiu, portanto, que o método Envelope Solar era adequado na análise de acesso solar como instrumento de planejamento urbano.

1/4

3.16 SÍNTESE DAS ETAPAS METODOLÓGICAS

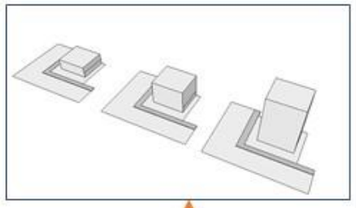
1. Revisão de Literatura

2. Definição das áreas de estudo
   - ZR1
   - ZR2
   - ZR3

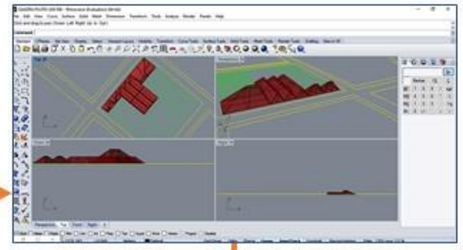


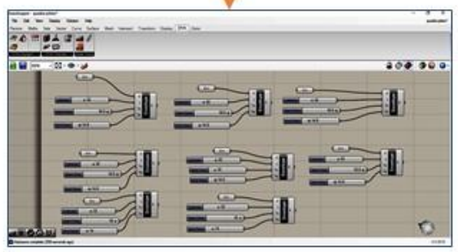
3. Definição do número de horas de insolação

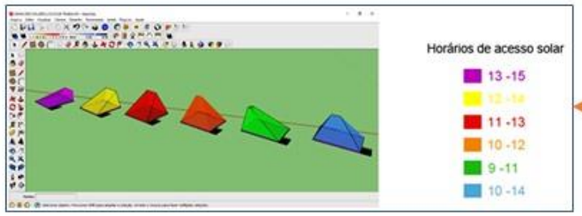
4. Geração dos modelos computacionais dos volumes edificados decorrentes dos máx. índices urbanísticos do I, II e III PDP



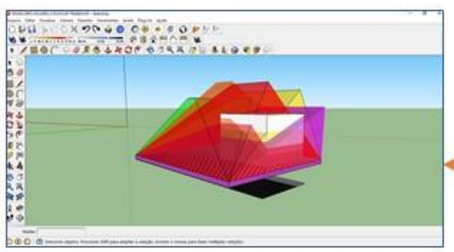
5. Geração dos envelopes solares no software Rhinoceros 3D com o uso dos aplicativos Grasshopper e DIVA







6. Transporte dos envelopes solares gerados no ambiente Rhinoceros para o ambiente SketchUp



7. Sobreposição dos envelopes solares gerados para cada horário de acesso solar sobre os modelos tridimensionais de cada lote

8. Cálculo do percentual de volume edificado excedente aos limites estabelecidos pelos envelopes solares

9. Comparação dos resultados

10. Estudo Piloto

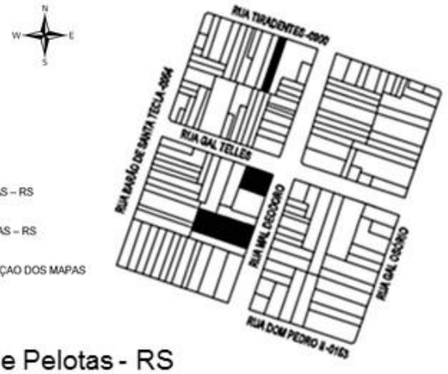
DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO
Zona Residencial 1 – ZR1

1. Sobreposição dos mapas urbanos

Legenda

- ZR1 – I PLANO DIRETOR DE PELOTAS – RS
- ZR1 – II PLANO DIRETOR DE PELOTAS – RS
- AREA RESULTANTE DA SOBREPOSIÇAO DOS MAPAS
- AREA SELECIONADA

2. Recorte Urbano selecionado - (Lotes estudados)



3. Índices urbanísticos propostos por cada PDP para a zona

Plano Diretor	I.A	T.O	Altura máxima das edificações	Largura das vias
I PDP	4	50%	Permitia H acima de 24m	Variáveis entre 16 e 20m
II PDP	2	66,6%	12m ou 4 pavimentos	Variáveis entre 9,60m e 14,40m
III PDP (em todo perímetro urbano – art. 123)	-	70%	10m	Variáveis entre 16m e 18m
art. 124	-	70%	13m	Variáveis entre 16m e 18m

Plano Diretor	Recuos			
	Ajard.	Frontal	Lateral	Fundos
I PDP	4m	1m para cada pav. acima dos 24m	Min. 2,5m em cada divisa	Min. 3,5m (exceto quando ocupado por garagens ate 6m)
II PDP	4m	-	L/4 Min. 2,50m (em pelo menos 1 divisa)	P/10 Min. 2,50m
III PDP (em todo perímetro urbano – art. 123)	4m	-	-	3m
art. 124	4m	-	R=(0,4 x H)/2	R=(0,4 x H)/2

Rua Tiradentes

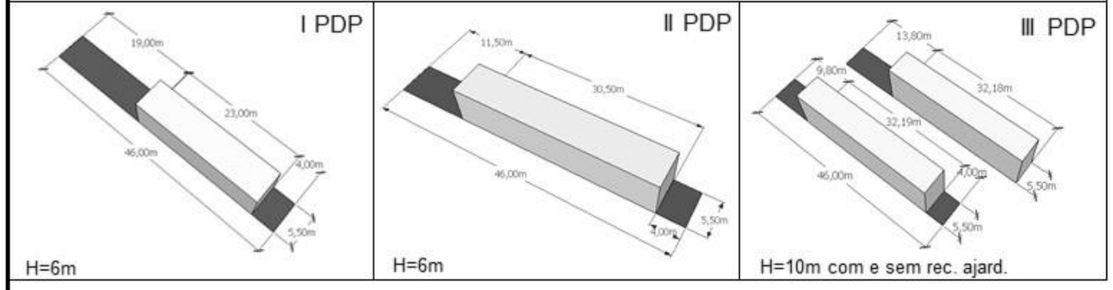
Rua Barão de Santa Tecla

Rua Dom Pedro II

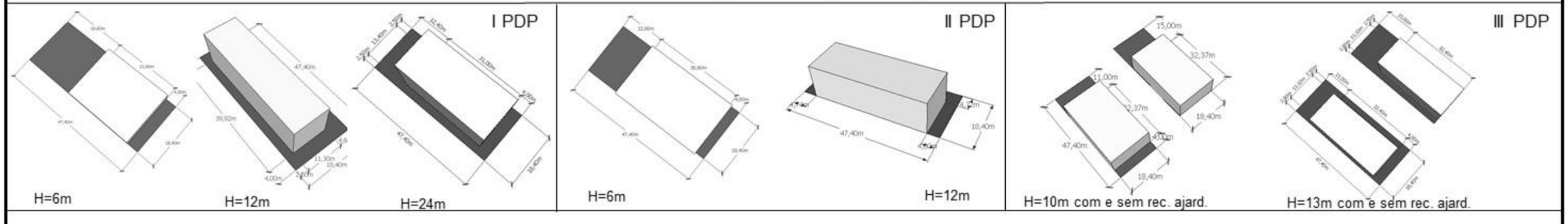
Rua Gen. Osório

4. Ocupação máx. permitida por cada Plano Diretor de Pelotas - RS

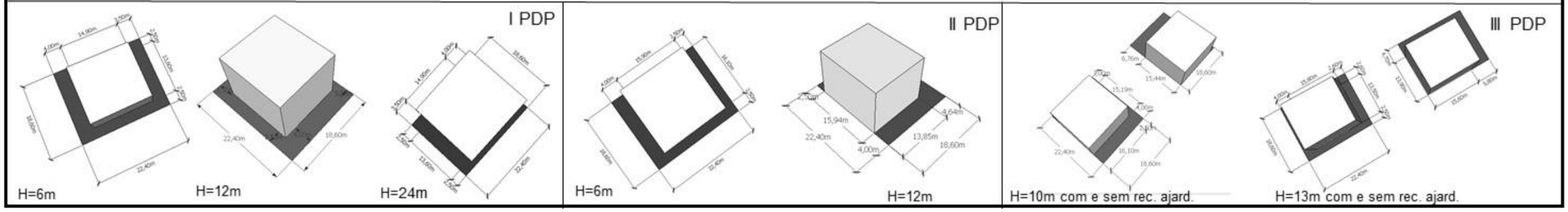
Lote pequeno – P (nordeste)



Lote grande – G (noroeste)



Lote esquina – E (sudeste)



DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO
Zona Residencial 2 – ZR2

3/4

1. Sobreposição dos mapas urbanos

2. Recorte Urbano selecionado - (Lotes estudados)

Legenda

- ZR2 – I PLANO DIRETOR DE PELOTAS – RS
- ZR2 – II PLANO DIRETOR DE PELOTAS – RS
- ÁREA RESULTANTE DA SOBREPOSIÇÃO DOS MAPAS
- ÁREA SELECIONADA

3. Índices urbanísticos propostos por cada PDP para a zona

Plano Diretor	I.A	T.O	Altura máxima das edificações	Largura das vias
I PDP	2	50%	Permitia H acima de 12m	Variáveis entre 16 e 20m
II PDP	2	66,6%	12m ou 4 pavimentos	Variáveis entre 9,60m e 14,40m
III PDP (em todo perímetro urbano – art. 123)	-	70%	10m	Variáveis entre 16m e 18m
art. 124	-	70%	13m	Variáveis entre 16m e 18m

Plano Diretor	Recuos			
	Ajard.	Frontal	Lateral	Fundos
I PDP	4m	1m para cada pav. acima dos 12m	Mín. 2,5m em cada divisa	Mín. 3,5m (exceto quando ocupado por garagens ate 6m)
II PDP	4m	-	L/4 Mín. 2,50m (em pelo menos 1 divisa)	P/10 Mín. 2,50m
III PDP (em todo perímetro urbano – art. 123)	4m	-	-	3m
art. 124	4m	-	R=(0,4 x H)/2	R=(0,4 x H)/2

Rua Pinto Martins

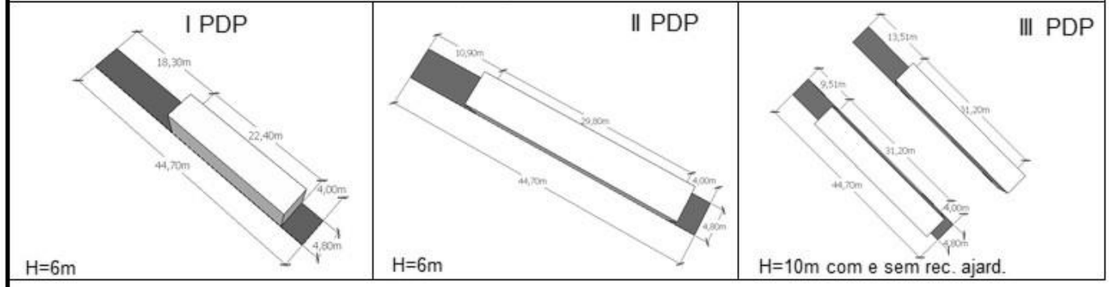
Rua Barão de Santa Tecla

Rua Antônio dos Anjos

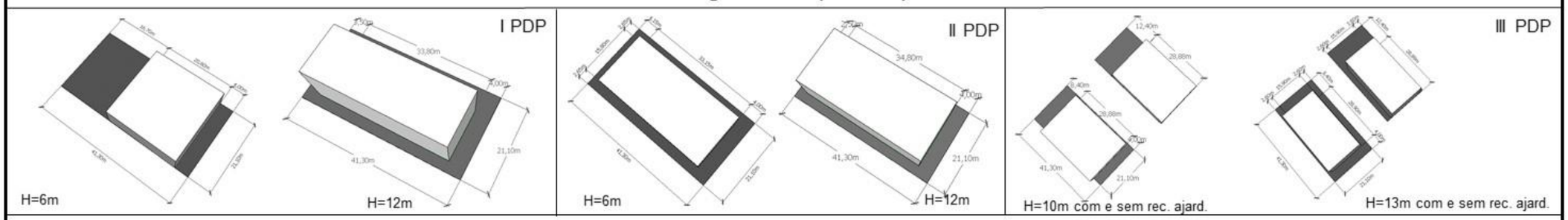
Rua General Osório

4. Ocupação máx. permitida por cada Plano Diretor de Pelotas - RS

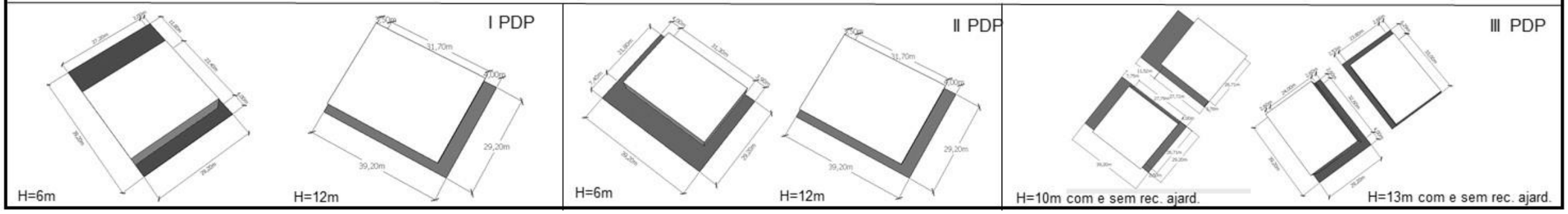
Lote pequeno – P (sudeste)



Lote grande – G (sudeste)

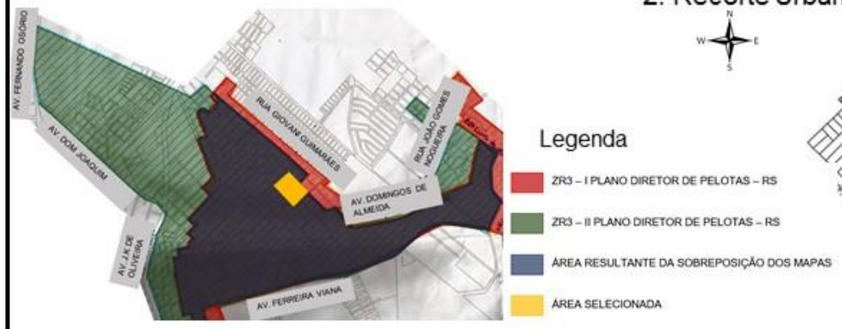


Lote esquina – E (noroeste)



DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO
Zona Residencial 3 – ZR3

1. Sobreposição dos mapas urbanos



2. Recorte Urbano selecionado - (Lotes estudados)

3. Índices urbanísticos propostos por cada PDP para a zona

Plano Diretor	I.A	T.O	Altura máxima das edificações	Largura das vias
I PDP	4	50%	Permitia H acima de 24m	Variáveis entre 16 e 20m
II PDP	1	66,6%	6m ou 2 pavimentos	Variáveis entre 9,60m e 14,40m
III PDP (em todo perímetro urbano – art. 123)	-	70%	10m	Variáveis entre 16m e 18m
art. 124	-	70%	13m	Variáveis entre 16m e 18m

Plano Diretor	Recuos			
	Ajard.	Frontal	Lateral	Fundos
I PDP	4m	1m para cada pav. acima dos 24m	Min. 2,5m em cada divisa	Min. 3,5m (exceto quando ocupado por garagens ate 6m)
II PDP	5m	-	L/4 Min. 2,50m (em pelo menos 1 divisa)	P/10 Min. 2,50m
III PDP (em todo perímetro urbano – art. 123)	4m	-	-	3m
art. 124	4m	-	R=(0,4 x H)/2	R=(0,4 x H)/2

Rua Jornalista Guerreiro Vitória

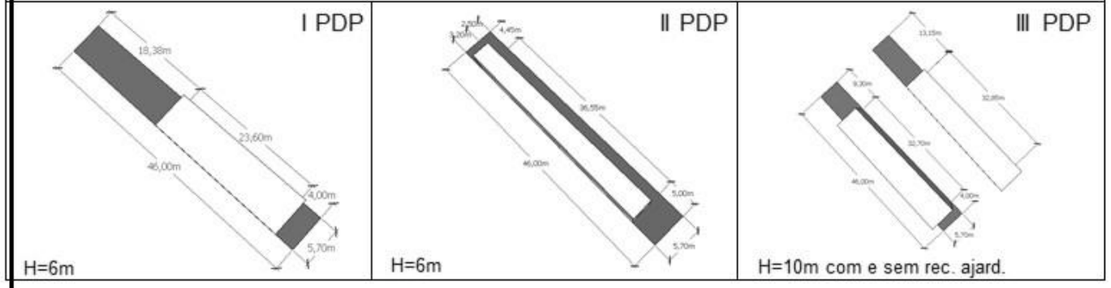
Rua Prof. Mário Peiruque

Rua Arnaldo Mesquita de Menezes

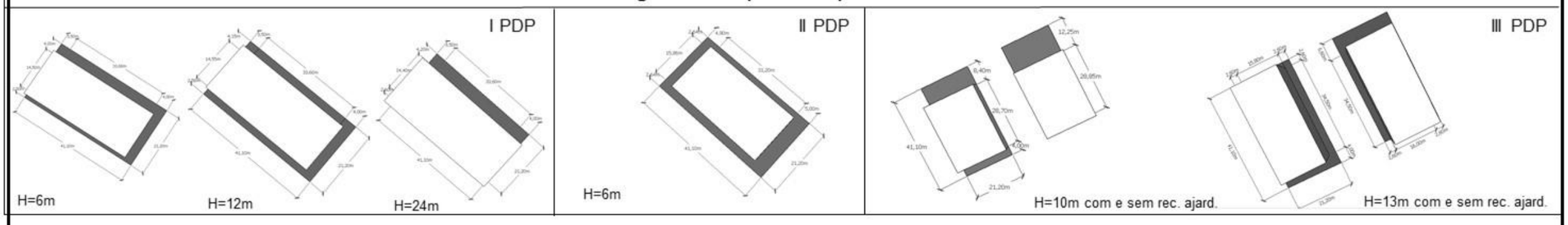
Rua Dr. Boaventura Leite

4. Ocupação máx. permitida por cada Plano Diretor de Pelotas - RS

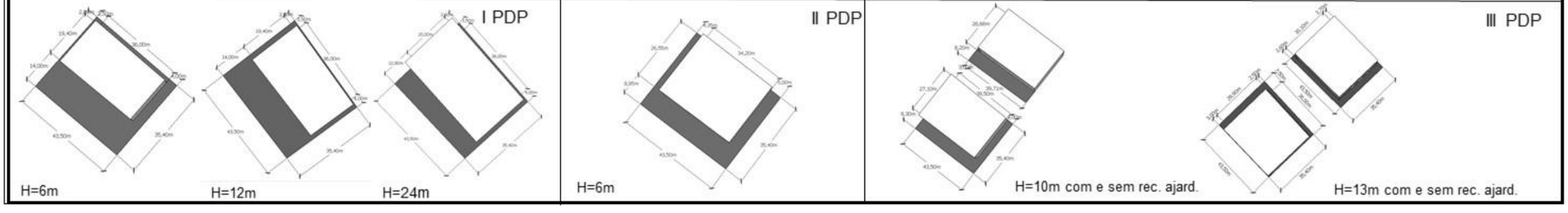
Lote pequeno – P (nordeste)



Lote grande – G (noroeste)



Lote esquina – E (sudoeste)



4. RESULTADOS

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos através da aplicação da metodologia proposta.

Primeiramente, são apresentadas as análises dos índices urbanísticos previstos em cada um dos planos diretores para cada zona de estudo.

Posteriormente, apresentam-se as figuras que ilustram a sobreposição dos envelopes solares gerados para cada horário de acesso solar em cada modelo de simulação, decorrente da aplicação dos máximos índices urbanísticos previstos em cada Plano Diretor, para cada lote.

Na sequência, são apresentados gráficos com a indicação do percentual de volume excedente ao Envelope Solar. Estes gráficos, demonstram o comportamento dos lotes P, G e E nos recortes urbanos da ZR1, ZR2 e ZR3 em cada Plano Diretor, para diferentes modelos de ocupações dos lotes.

Ao final do capítulo, são indicados os resultados que apontaram o melhor desempenho dos modelos de simulação nos lotes e pranchas resumo com a síntese dos resultados verificados através do percentual de volume excedente ao Envelope Solar, indicando o regime urbanístico da zona que obteve melhor resultado.

4.1 Análise dos índices urbanísticos para a ZR1

Com base nos dados apresentados anteriormente, na tab. 3, para o Índice de Aproveitamento (I.A), se observou que no I PDP o I.A era 4 e isso ocorria coincidentemente, na zona mais próxima à zona comercial da cidade caracterizada por lotes menores e por grande densidade e altura dos edifícios.

No II PDP, este índice teve seu valor reduzido à metade, o que sugere a intenção de restringir a densificação nesta zona da cidade.

Quanto ao quesito Taxa de Ocupação (T.O), se observou uma tendência ao incentivo a ocupação dos lotes na zona, uma vez que se verificou um aumento de 16,6% na taxa do I PDP para o II PDP e novamente na vigência do III PDP quando a T.O passou para 70%.

Em relação à altura das edificações se observou uma tentativa de controle em relação a altura máxima permitida. No I PDP, havia a possibilidade de construção de edifícios com mais de 8 pavimentos na zona, o que indica a proposta de densificação da área na época do plano de 1968.

No II PDP, ocorreu uma limitação da altura máxima na área sendo permitido no máximo, a construção de edifícios com 12m ou 4 pavimentos, o que sugere uma preocupação, por parte da equipe que elaborou o plano de 1980, com as questões relativas ao conforto dos espaços.

Entretanto, o III PDP limita a altura dos edifícios em todo o perímetro urbano em 10m, o que indica uma proposta de cidade horizontal, uma vez que, de acordo com Abuchaim (2012), “essa altura corresponde à altura média dos prédios inventariados, além de estar dentro da escala adequada à interação humana”. Há ainda a possibilidade de aumento da altura para 13m, 19m ou 25m em determinadas áreas predeterminadas pelo plano.

No que diz respeito à largura das vias, no I PDP, de acordo com o Art. 3,° as ruas locais, de transito lento, deveriam ter largura mínima de 16m e as ruas principais, coletoras de transito para as avenidas, largura mínima de 20m.

No II PDP, o Art. 8 e 9 definiam que a largura das vias era variável entre 9,60m e 14,40m. O III PDP prevê um alargamento para as vias que de acordo com o Art. 108 e 109 variam entre 16m e 18m.

Em relação aos recuos propostos para a ZR1 (tab.4), foi verificado que nos três planos diretores, o recuo de ajardinamento de 4m se manteve constante para esta zona. No entanto, o III PDP propõe que este recuo pode ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato, caso se evidencie no raio de 100m, a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial. Essa proposta do plano indica que a ideia é manter as construções no alinhamento predial onde a característica predominante é esta, e em locais onde a característica predominante são construções recuadas, mantê-las com recuo de ajardinamento.

Quanto ao recuo frontal, este era exigido apenas no I PDP quando a altura da edificação era superior 24m. Neste caso, deveria-se recuar 1m para cada pavimento acima de 24m. Os demais planos, isentavam o recuo frontal nesta zona.

Em relação ao recuo lateral, o I PDP exigia o mínimo de 2,50m em cada divisa do terreno sendo dispensado no caso de residência unifamiliar com altura de até 6m.

O II PDP aplicava a relação (L/4), onde (L) refere-se ao tamanho da testada do lote, sendo exigido o valor mínimo de 2,50m em pelo menos uma das divisas. O plano de 1980, em seu Art. 65 § 1° dispensa este recuo no caso de edificações residenciais que não se situem em terreno de esquina.

O III PDP, isenta o recuo lateral em todo o perímetro urbano em lotes com altura edificada até 10m. Entretanto, estabelece a relação (R= (0,4 x H) /2) para edificações com altura a partir de 13m, desde que, de acordo com o Art. 124, o lote possua testada maior ou igual que 12m e esteja localizado em vias com gabarito igual ou superior a 16m.

Para o recuo de fundos, o I PDP previa o mínimo de 3,50m sendo dispensado no caso de residência unifamiliar com altura até 6m. O II PDP, estabelecia a relação (P/10), onde (P) refere-se à profundidade do lote, sendo o mínimo exigido de 2,50m; o III PDP estabelece que o valor mínimo exigido para o recuo de fundos é 3m, porém no caso de edificações com altura superior a 13m, aplica-se a mesma equação utilizada no cálculo do recuo lateral.

A análise dos recuos estipulados por cada plano diretor para a ZR1 mostrou que ao longo dos planos, houve uma liberação quanto ao valor mínimo exigido em relação ao quesito recuos.

Enquanto no I PDP era exigido recuo lateral nas duas divisas, no II PDP este era exigido em apenas uma das divisas e no III PDP há a isenção de tal recuo para alturas de até 10m. De um modo geral a restrição promovida pelo I PDP e II PDP com a obrigatoriedade de recuo lateral e de ajardinamento dá lugar à uma maior ocupação dos lotes, promovida pelo III PDP com a proposta de isenção do recuo de ajardinamento (em certos casos) e dos recuos laterais.

Dessa forma, a análise concluiu que os índices urbanísticos propostos para a zona propunham no I PDP uma ideia de densificação da área. Essa afirmativa se apoia na constatação do elevado I.A e da permissão de construções em altura com recuos mais restritivos.

Por outro lado, o II PDP, propôs uma restrição da densificação na zona, quando reduziu o I.A e a altura máxima permitida pela metade. Quanto aos recuos, se

percebeu um relaxamento em relação aos propostos pelo I PDP, uma vez que o II PDP permitia recuo lateral em apenas uma divisa, e diminuía o valor mínimo para o recuo de fundos.

Verificou-se também uma tendência ao incentivo à ocupação dos lotes com o aumento gradativo da T.O nos 3 planos.

4.2 Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação

As Fig. 39,40 e 41 apresentam a sobreposição dos envelopes solares, gerados para cada faixa de acesso solar sobre o modelo de simulação decorrente da aplicação dos máximos índices urbanísticos de cada Plano Diretor para os lotes P, G e E na ZR1.

4.2.1 Lote Pequeno - P (testada até 6m)

Altura do modelo de simulação: 6m

I PDP

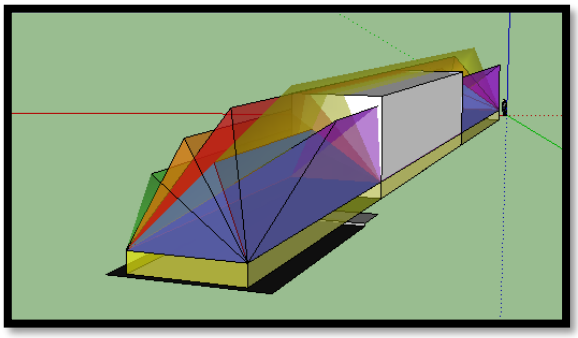


Figura 39- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Altura do modelo de simulação: 6m

II PDP

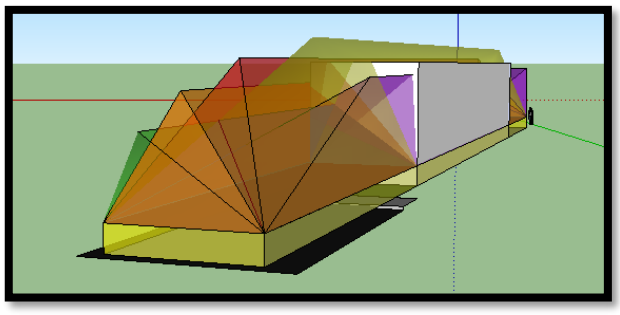


Figura 40- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Em lotes P, edificações com altura até 6m, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I e II PDP, verificou-se que o modelo correspondente aos índices do I PDP apresentou menor percentual de volume excedente aos limites do envelope solar. Esse resultado foi atribuído à exigência do recuo de ajardinamento, de maior recuo de fundos (necessário para a garantia da máxima ocupação do lote permitida pelo plano) e à isenção de recuo lateral.

Altura dos modelos de simulação: 10m

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

III PDP

(a) (b)

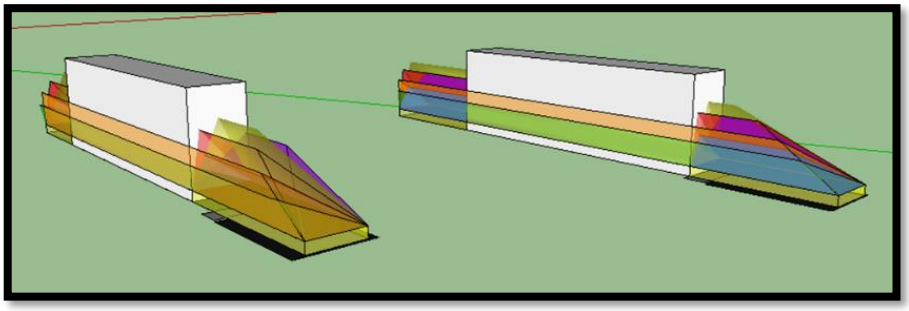


Figura 41- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Em relação ao III PDP, a verificação da influência do recuo de ajardinamento de 4m aplicados em modelos de simulação com altura de 10m constatou que este afastamento não interferiu no percentual de volume excedente ao envelope solar.

4.2.2 Comportamento do lote P em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR1 no melhor horário de acesso solar.

As fig. 42 e 43 ilustram os gráficos de desempenho dos modelos frente à garantia do direito ao sol.

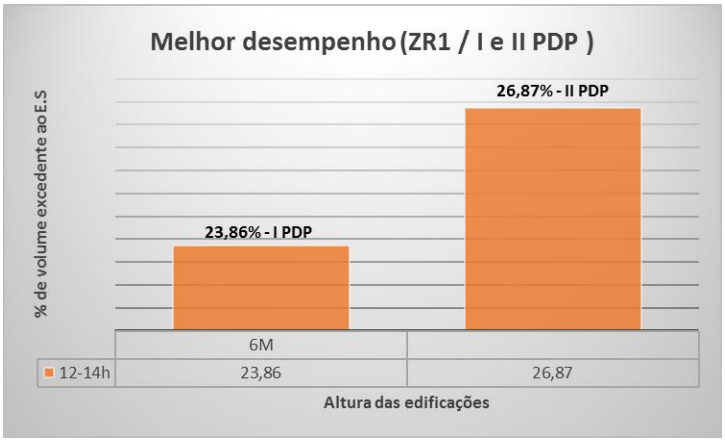


Figura 42 – Comportamento do lote P no I e II PDP, para H=6m , Orientação: Nordeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 42 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m em um lote P, orientação Nordeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I e II Plano Diretor de Pelotas na ZR1. O modelo que teve melhor resultado foi o relativo ao I PDP, o qual teve 23,86% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope solar, no período de acesso solar das 12-14h.

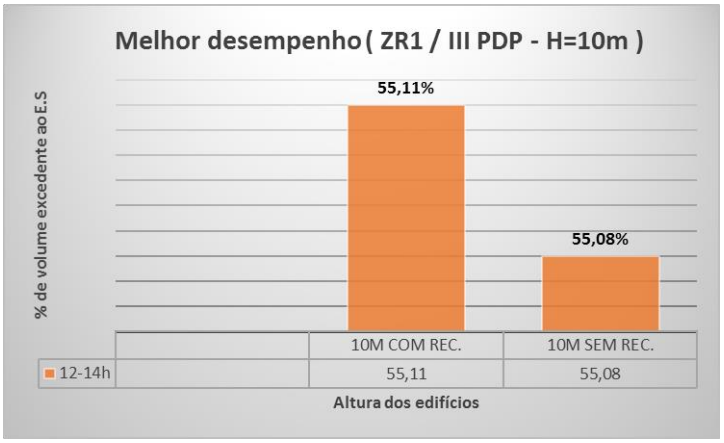


Figura 43 – Comportamento do lote P no III PDP, para H=10m, Orientação: Nordeste
Fonte: autora, 2016

Na Fig. 43, é apresentado o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m, posicionados no alinhamento predial e recuados 4m, conforme indicação do III PDP em um lote P, orientação Nordeste na ZR1. Foi observado que o desempenho de ambos foi similar, tendo mais de 50% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope também no período de 12-14h.

4.2.3 Ranking de desempenho para o lote P com volume edificado de H=6m no I e II PDP e H=10m com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho		**Plano Diretor**
H=6m		
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I e II PDP**

Ranking de desempenho		**Plano Diretor**
H=10m com recuo		
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho		**Plano Diretor**
H=10m no alinhamento		
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.2.4 Lote Grande - G (testada maior que 6m)

Altura dos modelos de simulação: 6m; 12m e 24m (Fig. 44)

I PDP

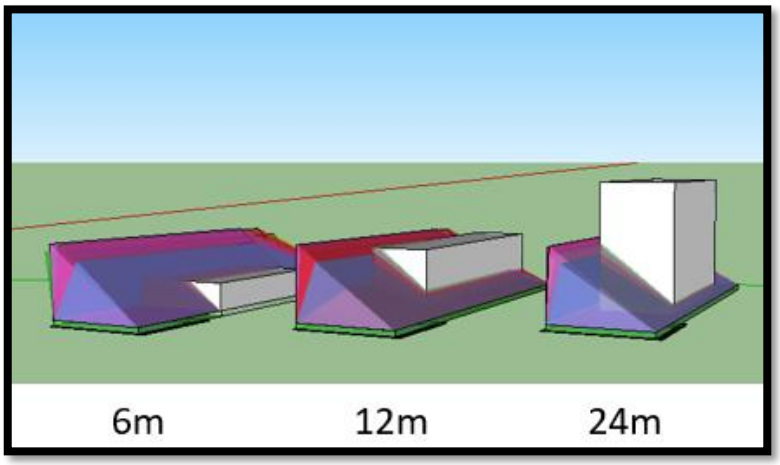


Figura 44- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Altura dos modelos de simulação: 6m e 12m (Fig. 45)

II PDP

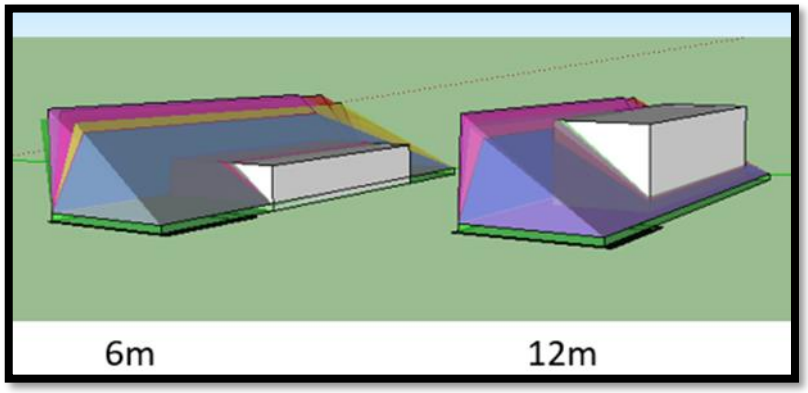


Figura 45- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Os modelos de simulação com altura edificada de 6m, demonstraram melhor resultado em relação aos limites do envelope solar, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I PDP. Nesse caso, o resultado obtido se deve à aplicação de recuo de ajardinamento, isenção do recuo lateral e maior recuo de fundos (necessário para a garantia da máxima ocupação do lote permitida).

Não foi observada evolução da legislação urbanística na garantia dos direitos solares do I para o II PDP, em modelos de simulação com altura de 12m, nos recortes da ZR1. Observando-se os resultados, se verificou que o melhor desempenho, do modelo referente ao I PDP, se deve ao recuo lateral, com valor superior ao mínimo recomendado, na melhor orientação solar.

Em relação a análise dos volumes edificados com altura igual a 24m, foi feita uma comparação entre a ZR1 e ZR3 no I PDP, já que no II PDP, esta altura não era permitida em nenhuma das zonas de estudo. A análise demonstrou que o percentual de volume excedente aos limites do envelope foi superior a 50%, evidenciando que, neste regime urbanístico, edifícios em altura projetam sombras indesejáveis no entorno, não garantindo o direito ao sol aos vizinhos.

Altura dos modelos de simulação: 10m e 13m (Fig. 46)

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

(c): com recuo de ajardinamento de 4m

(d): no alinhamento

III PDP

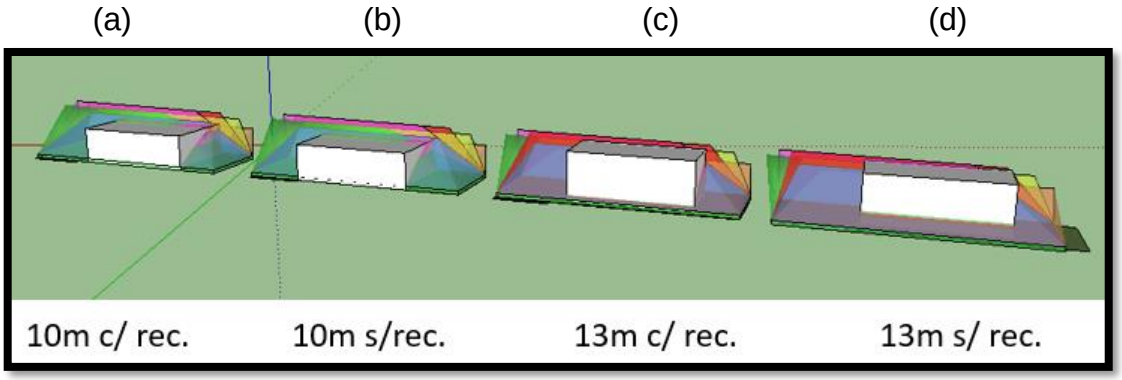


Figura 46- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Modelos de simulação com altura edificada de 10 e 13m, tiveram melhor desempenho em relação aos limites impostos pelo envelope, quando foram recuados 4m do alinhamento predial, nesta zona.

4.2.5 Comportamento do lote G em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR1 no melhor horário de acesso solar. As fig. 47, 48, 49 e 50 ilustram os gráficos de desempenho.

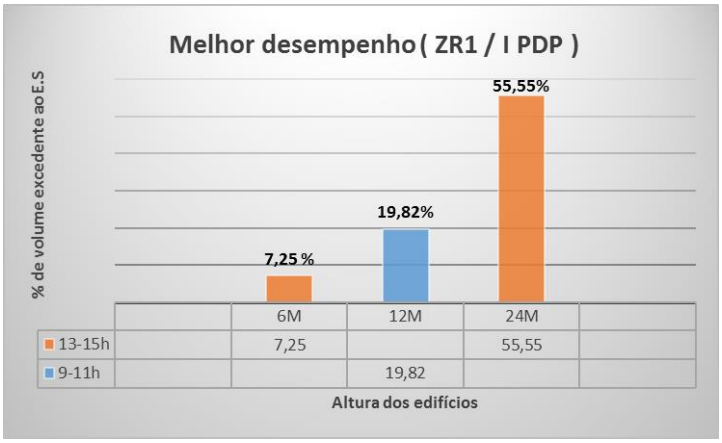


Figura 47 – Comportamento do lote G no I PDP, para H=6m, 12m e 24m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 47 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m, 12m e 24m em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O melhor resultado apresentado pelo modelo de simulação com altura de 6m, foi no horário de acesso solar compreendido entre 13-15h, com 7,25% de volume excedente aos limites do envelope solar.

O modelo de simulação com altura de 12m, apresentou melhor desempenho no período de acesso solar das 9-11h, com 19,82% de volume excedente aos limites do envelope.

Em relação ao modelo de simulação com altura de 24m, este, também apresentou melhor resultado no período de acesso solar das 13-15h com 55,55% de volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

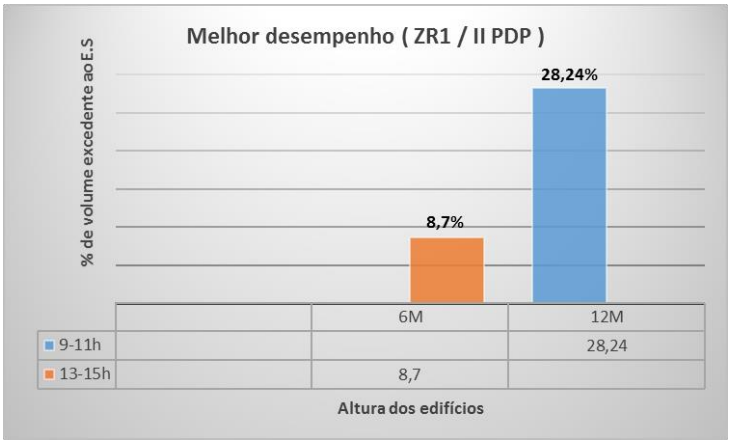


Figura 48 – Comportamento do lote G no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 48 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m e 12m, em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O melhor resultado apresentado pelo modelo com altura de 6m, foi no horário de acesso solar das 13-15h, com 8,7% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope solar.

O modelo com altura de 12m, teve melhor desempenho no horário de acesso solar compreendido das 9-11h, com 28,24% de volume excedente aos limites do envelope solar.

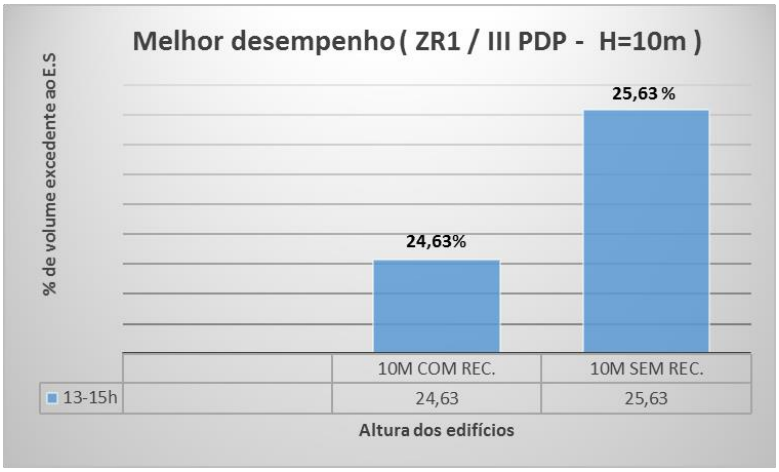


Figura 49 – Comportamento do lote G no III PDP, para H=10m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 49 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação recuado 4m, no período de acesso solar das 13-15h.

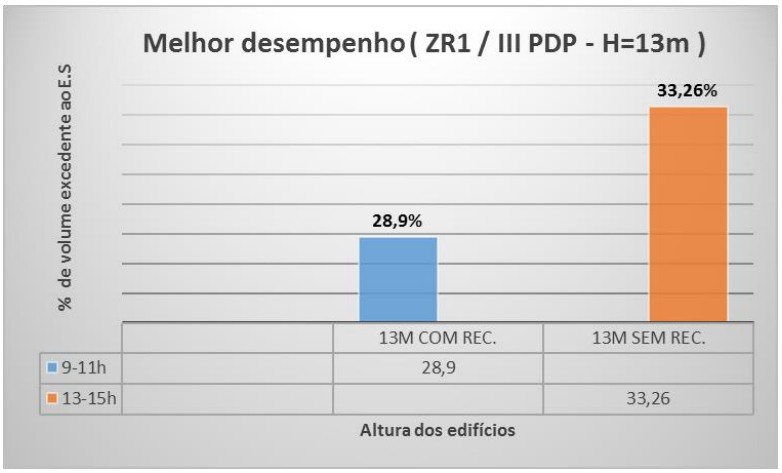


Figura 50 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=13m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 50 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 13m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação recuado 4m, no período de acesso solar das 9-11h.

4.2.6 Ranking de desempenho para o lote G com volume edificado de H=6m; 12m e 24m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H=6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**I e II PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=12m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I e II PDP**

Ranking de desempenho H=24m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.2.7 Lote de Esquina - E

Altura dos modelos de simulação: 6m; 12m e 24m (Fig. 51)

I PDP

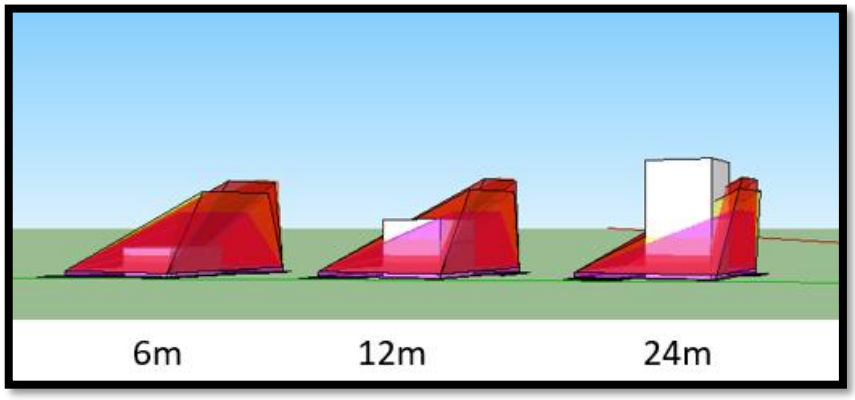


Figura 51- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Altura dos modelos de simulação: 6m e 12m (Fig. 52)

II PDP

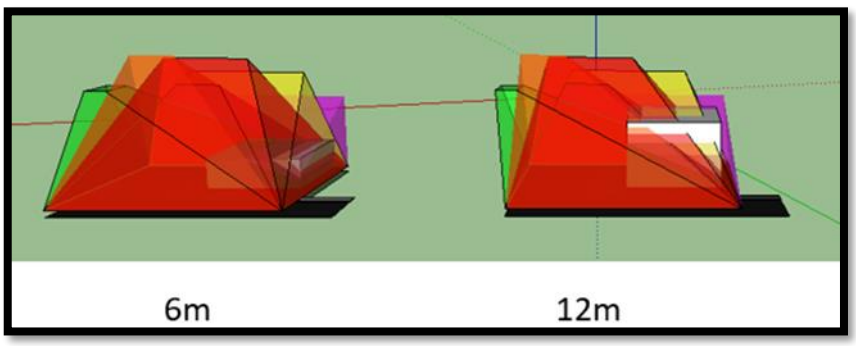


Figura 52- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Modelos de simulação dos volumes edificados com altura de 6m, decorrentes da aplicação dos máximos índices urbanísticos propostos pelo I e II PDP não tiveram volume excedente aos limites do envelope solar nesta zona residencial. Esses resultados foram obtidos com a aplicação dos recuos mínimos obrigatórios exigidos em cada regime urbanístico e aplicação da máxima taxa de ocupação, e indicam a garantia dos direitos solares das edificações.

Modelos de simulação com altura de 12m, apresentaram melhor desempenho em relação aos limites do envelope solar no I PDP. Da mesma forma, que no modelo de 6m, esse resultado é atribuído à aplicação dos recuos mínimos previsto na lei do I PDP. Dessa forma, não se verificou uma evolução da legislação urbanística do I para o II PDP.

Modelos de simulação com altura de 24m na ZR1, tiveram desempenho em relação ao envelope solar razoável, quando comparados ao desempenho do modelo no lote G na mesma zona, que teve mais da metade do volume fora dos limites do envelope. Este desempenho com 19,75% de volume excedente no lote de esquina, é atribuído à aplicação de recuos mínimos previstos pelo I PDP.

Como o II PDP, passou a limitar a altura máxima nesta zona para 12m, não foi possível fazer a comparação entre os modelos de simulação de 24m.

Altura dos modelos de simulação: 10m e 13m (Fig. 53)

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

(c): com recuo de ajardinamento de 4m

(d): no alinhamento

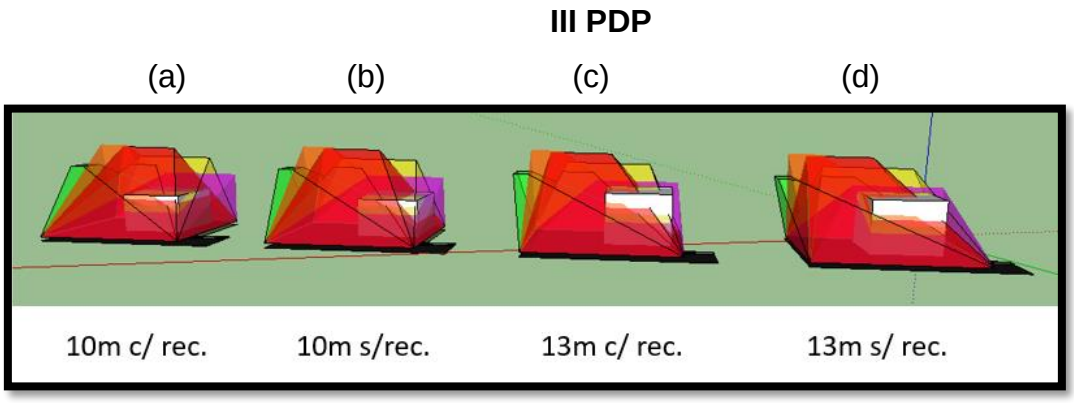


Figura 53- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR1
Fonte: autora, 2015

Quando aplicados os máximos índices urbanísticos previstos pelo III PDP nos modelos de simulação com altura de 10m e 13m em lotes de esquina, verificou-se que, de um modo geral, os resultados em relação ao envelope solar são bons, sendo que os modelos posicionados no alinhamento predial, são os que apresentam melhor desempenho.

Esse bom resultado é atribuído ao maior volume de envelope que utilizou como critério a abrangência de áreas desobstruídas (calçada e via), fazendo com que o envelope contenha maior volume edificado.

4.2.8 Comportamento do lote E em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR1 no melhor horário de acesso solar. As fig. 54, 55, 56 e 57 ilustram os gráficos de desempenho.

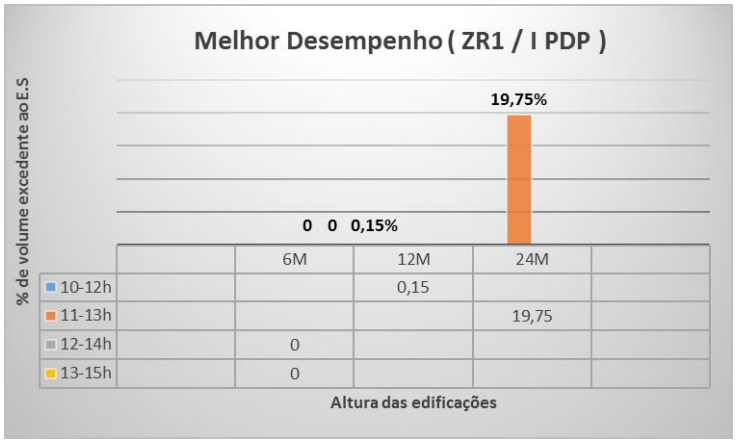


Figura 54 - Comportamento do lote E no I PDP, para H=6m,12m e 24m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 54 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m, 12m e 24m em um lote de esquina E, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O modelo de simulação com altura de 6m, obteve melhores resultados em dois horários de acesso solar: 12-14h e 13-15h, não apresentando volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

O modelo de simulação com altura de 12m, apresentou melhor desempenho no período de acesso solar das 10-12h, com 0,15% de volume excedente aos limites do envelope.

Em relação ao modelo de simulação com altura de 24m, este apresentou melhor resultado no período de acesso solar das 11-13h com 19,75% de volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

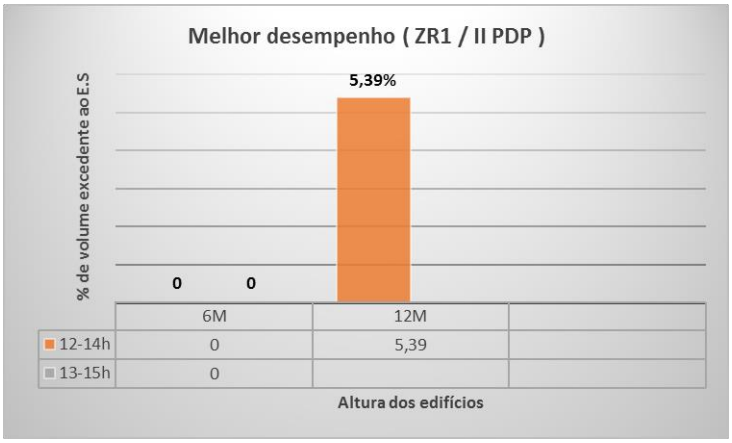


Figura 55 – Comportamento do lote E no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 55 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m e 12m, em um lote de esquina - E, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O modelo com altura de 6m, não teve volume excedente aos limites propostos pelo envelope em dois horários de acesso solar: 12-14h e 13-15h.

O modelo com altura de 12m, teve melhor desempenho no horário de acesso solar compreendido das 12-14h, com 5,39% de volume excedente aos limites do envelope solar.

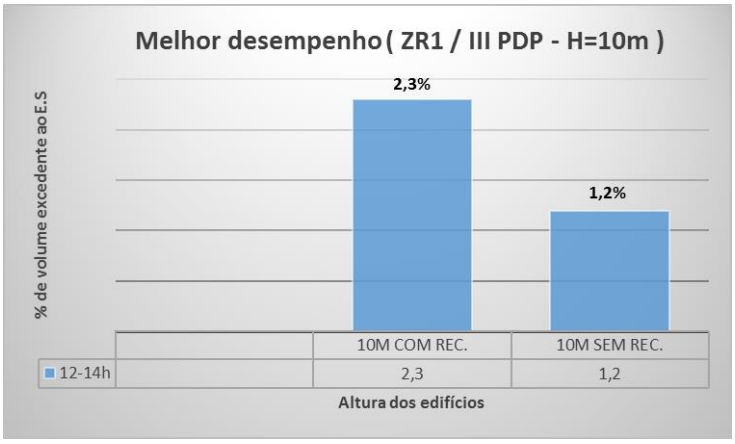


Figura 56 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=10m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 56 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote de esquina - E, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, no período de acesso solar das 12-14h.

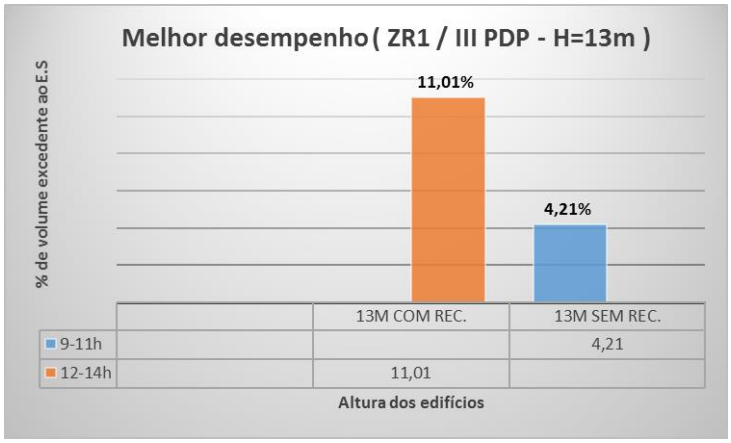


Figura 57 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=13m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 57 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 13m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote de esquina - E, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR1.

O melhor resultado apresentado foi igualmente o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, no período de acesso solar das 9-11h.

4.2.9 Ranking de desempenho para o lote E com volume edificado de H=6m; 12m; 24m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H=6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	**I e II PDP**
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=12m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	**I PDP**
Bom	1-10%	**II PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=24m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**III PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=13m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**III PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=13m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**III PDP**
Ruim	>10%	

4.3 Análise dos índices urbanísticos para a ZR2

Em relação aos índices urbanísticos apresentados na tab.5, verificou-se que o Índice de Aproveitamento (I.A) se manteve constante com valor 2 do plano de 1968 para o plano de 1980.

A Taxa de Ocupação (T.O) teve um aumento de 16,6%, evidenciando uma proposta de maior densificação para a área, o que ocorreu novamente no plano de 2008 quando a T.O aumentou para 70%.

Em relação a altura máxima permitida para as edificações, observou-se que no I PDP eram permitidas alturas maiores que 12m para as edificações mas o II PDP limitou a altura máxima para 4 pavimentos ou 12m, o que sugere uma preocupação com questões relativas ao conforto dos ambientes.

Da mesma forma que na ZR1, na ZR2 a largura das vias previstas no I PDP variaram entre 16m e 20m. No II PDP, variaram entre 9,60m e 14,40m e no III PDP são propostas larguras que variam entre 16m e 18m.

No que diz respeito aos recuos propostos por cada plano (tab.6) para a zona, verificou-se que nos três planos diretores, o recuo de ajardinamento de 4m se manteve constante na zona. No entanto, o III PDP propõe que este recuo possa ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato, caso se evidencie no raio de 100m, a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial. Essa proposta do plano, indica que a ideia é manter as construções no alinhamento predial onde a característica predominante é esta e em locais onde a característica predominante são construções recuadas, mantê-las com recuo de ajardinamento.

Quanto ao recuo frontal, este era exigido apenas no I PDP quando a altura da edificação era superior 12m. Neste caso, deveria se recuar 1m para cada pavimento acima de 12m. Os demais planos, isentavam o recuo frontal nesta zona.

Em relação ao recuo lateral, o I PDP exigia o mínimo e 2,50m em cada divisa do terreno sendo dispensado no caso de residência unifamiliar com altura de até 6m.

O II PDP aplicava a relação (L/4), na qual (L) refere-se ao tamanho da testada do lote, sendo exigido o valor mínimo de 2,50m em pelo menos uma das divisas. O plano de 1980, em seu Art. 65 § 1° dispensa este recuo no caso de edificações residenciais que não se situem em terreno de esquina.

O III PDP, isenta o recuo lateral em todo o perímetro urbano em lotes com altura de até 10m. Entretanto, estabelece a relação (R= (0,4 x H) /2) para edificações com altura a partir de 13m, desde que, de acordo com o Art. 124 da lei o lote deve possua testada maior ou igual que 12m e esteja localizado em vias com gabarito igual ou superior a 16m.

O I PDP previa para o recuo de fundos, o mínimo de 3,50m sendo dispensado no caso de residência unifamiliar com altura de até 6m.

O II PDP, estabelecia a relação (P/10), onde (P) refere-se à profundidade do lote, sendo o mínimo exigido de 2,50m, já o III PDP, estabelece que o valor mínimo exigido para o recuo de fundos é 3m, porém no caso de edificações com altura superior a 13m aplica-se a mesma formula utilizada no cálculo do recuo lateral.

A análise dos recuos estipulados por cada plano diretor para a ZR2, mostrou que assim como na ZR1, de modo geral um houve um afrouxamento em relação ao quesito recuos ao longo dos três planos diretores de Pelotas, o que sugere uma maior preocupação com a ocupação dos lotes com prejuízo às questões relativas ao conforto dos ambientes.

Portanto, a análise dos índices urbanísticos indicou que, com o afastamento da área central da cidade há uma queda do índice de aproveitamento (I.A) e da mesma forma, uma redução no valor da altura máxima permitida para as edificações em relação a ZR1.

Essas afirmações vêm ao encontro do que relata Santa Catharina (2012) em seu trabalho, onde afirma que as configurações das zonas residenciais seguem critérios de localização que dependem do tipo de habitação: as habitações populares localizam-se em lotes menores próximas à zona comercial, atendendo a relação trabalho-moradia, e a habitação de classe média ou alta se estabelece em área de expansão urbana com uso predominantemente residencial, como é o caso da ZR2.

4.4 Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação

As Fig. 58, 59 e 60 apresentam a sobreposição dos envelopes solares, gerados para cada horário de acesso solar sobre o modelo de simulação decorrente da aplicação dos máximos índices urbanísticos de cada Plano Diretor para os lotes P, G e E na ZR2.

4.4.1 Lote Pequeno - P (testada até 6m)

Altura do modelo de simulação: 6m

I PDP

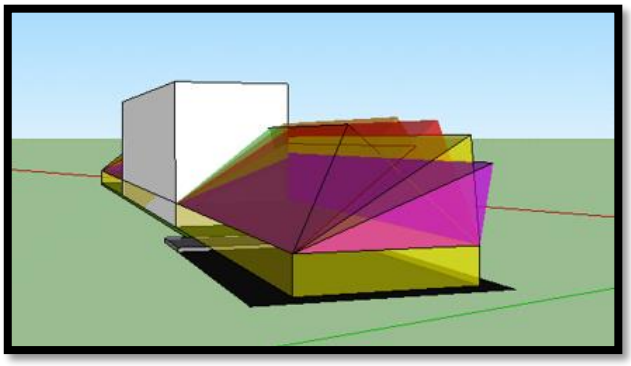


Figura 58- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Altura do modelo de simulação: 6m

II PDP

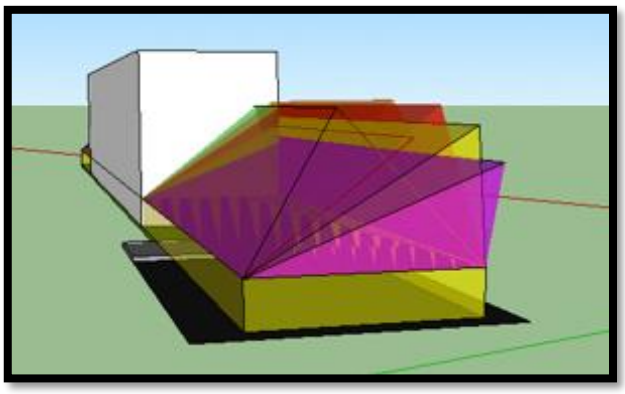


Figura 59- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Na ZR2, os modelos de simulação com altura edificada de 6m demonstraram que não houve uma evolução da legislação quanto à garantia do direito ao sol, uma vez que o modelo do II PDP teve pior desempenho em relação ao modelo do I PDP.

Mesmo assim, o resultado obtido na análise foi ruim, uma vez que na melhor situação o modelo de simulação teve valor superior a 40% de volume excedente aos limites do envelope.

Altura dos modelos de simulação: 10m

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

III PDP

(b) (a)

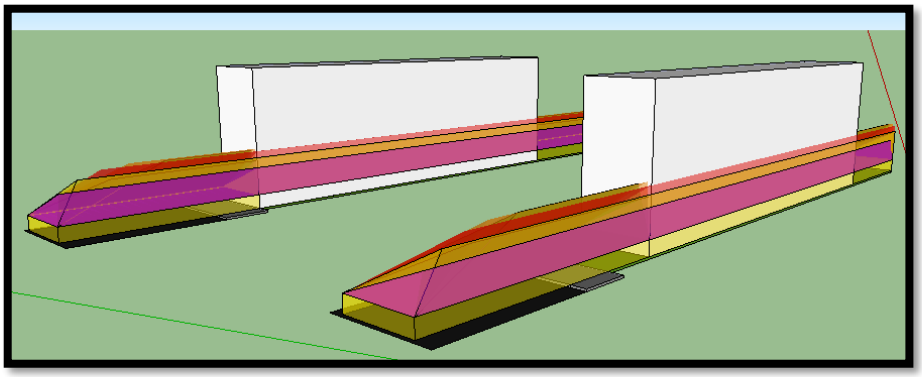


Figura 60- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Igualmente, os modelos de simulação relativos ao III PDP, quando aplicados os máximos índices propostos para a altura de 10m, indicaram que nas duas situações, posicionando o modelo no alinhamento predial ou recuando-o 4m, o percentual de volume excedente aos limites do envelope solar permaneceu o mesmo.

4.4.2 Comportamento do lote P em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR2 no melhor horário de acesso solar. As fig. 61 e 62 ilustram os gráficos de desempenho.

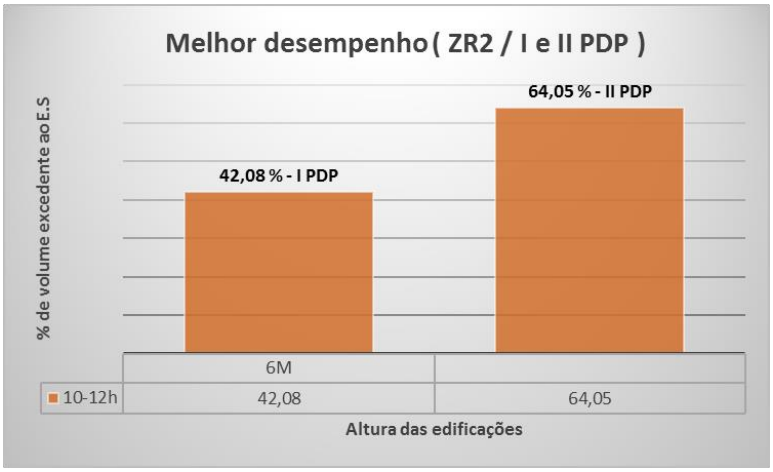


Figura 61- Comportamento do lote P no I e II PDP, para H=6m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 61 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m em um lote P, orientação Sudeste quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I e II Plano Diretor de Pelotas na ZR2. O modelo que teve melhor resultado foi o relativo ao I PDP, o qual teve 42,08% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope solar, no período de acesso solar das 10-12h.

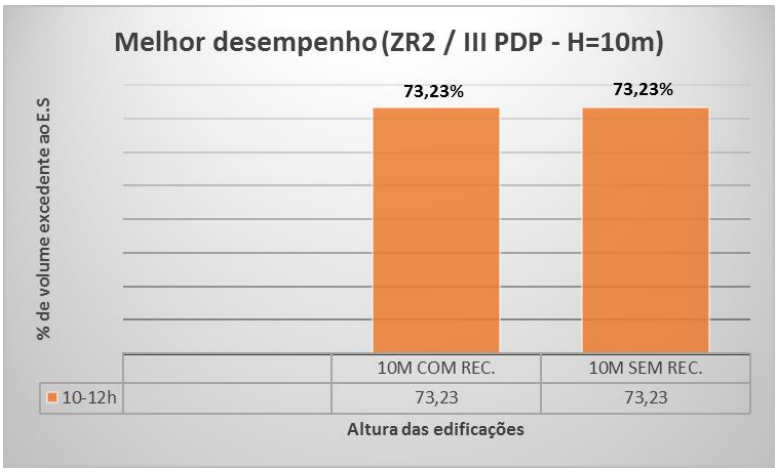


Figura 62- Comportamento do lote P no III PDP, para H=10m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

Na Fig. 62, é apresentado o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m, recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, conforme indicação do III PDP em um lote P, orientação Sudeste na ZR2. Foi observado que o desempenho de ambos foi similar, tendo mais de 50% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope também no período de 12-14h.

4.4.3 Ranking de desempenho para o lote P com volume edificado de H=6m no I e II PDP e H=10m com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H= 6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I e II PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.4.4 Lote Grande - G (testada maior que 6m)

Altura dos modelos de simulação: 6m e 12m (Fig. 63)

I PDP

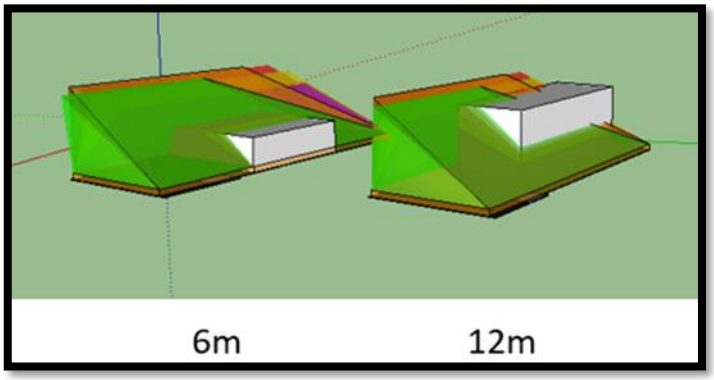


Figura 63- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Altura dos modelos de simulação: 6m e 12m (Fig. 64)

II PDP

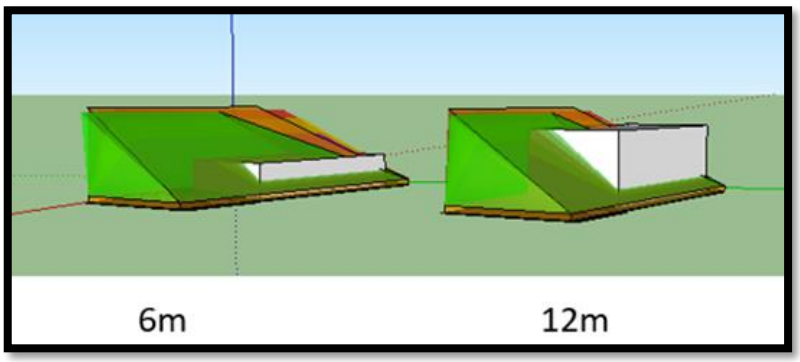


Figura 64- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Os modelos de simulação com altura até 6m, tiveram bom desempenho em relação ao envelope solar, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II PDP, caracterizando uma evolução na garantia do direito ao sol do I para o II PDP . Esse resultado se atribuiu ao recuo lateral com afastamento superior ao mínimo recomendado pelo plano em apenas uma das divisas, na melhor orientação solar.

Os modelos com altura de 12m, apresentaram melhor resultado em relação aos limites do envelope solar, quando aplicados os máximos índices urbanísticos previstos pelo I PDP. Tal resultado, deve-se a aplicação de recuos laterais nas duas divisas, sendo que na divisa com melhor orientação solar, foi aplicado valor superior ao mínimo recomendado, e na outra divisa, aplicou-se o valor mínimo.

Altura dos modelos de simulação: 10m e 13m (Fig. 65)

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

(c): com recuo de ajardinamento de 4m

(d): no alinhamento

III PDP

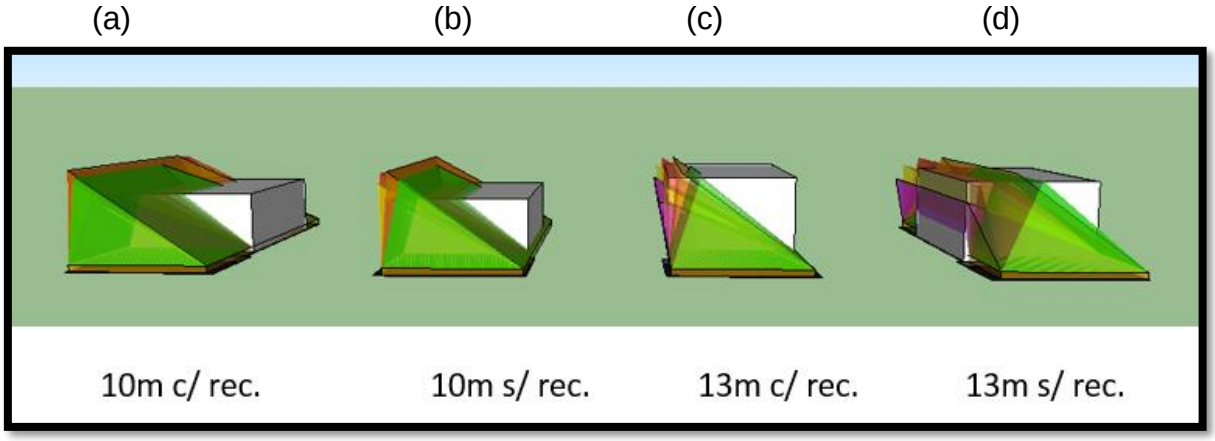


Figura 65- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Em relação aos modelos de simulação com altura de 10m e 13m decorrentes da aplicação dos máximos índices urbanísticos previstos pelo III PDP, ambos apresentaram resultados similares, sendo a opção em que o modelo se encontra localizado no alinhamento predial, a que teve melhor resultado em relação aos limites do envelope solar.

4.4.5 Comportamento do lote G em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR2 no melhor horário de acesso solar. As fig. 66,67,68 e 69 ilustram os gráficos de desempenho.

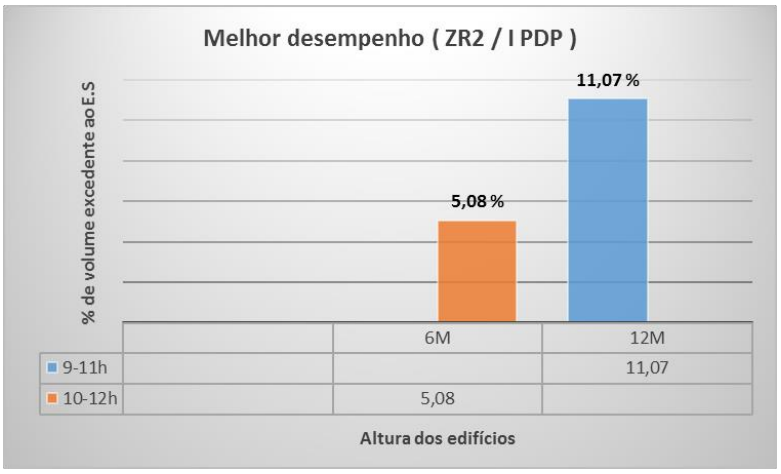


Figura 66 - Comportamento do lote G no I PDP, para H=6m e 12m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 66 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m e 12m em um lote G, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O melhor resultado apresentado pelo modelo de simulação com altura de 6m, foi no horário de acesso solar compreendido entre 10-12h, com 5,08% de volume excedente aos limites do envelope solar.

O modelo de simulação com altura de 12m, apresentou melhor desempenho no período de acesso solar das 9-11h, com 11,07% de volume excedente aos limites do envelope.

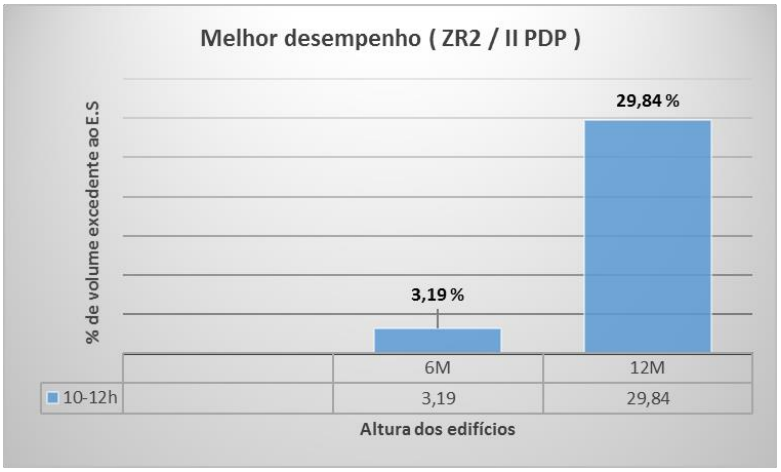


Figura 67 - Comportamento do lote G no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 67 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m e 12m, em um lote G, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O melhor resultado obtido para o modelo com altura de 6m, foi verificado no período de acesso solar das 10-12h, com 3,19% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope solar.

O modelo com altura de 12m, teve melhor desempenho no horário de acesso solar compreendido das 10-12h, com 29,84% de volume excedente aos limites do envelope solar.

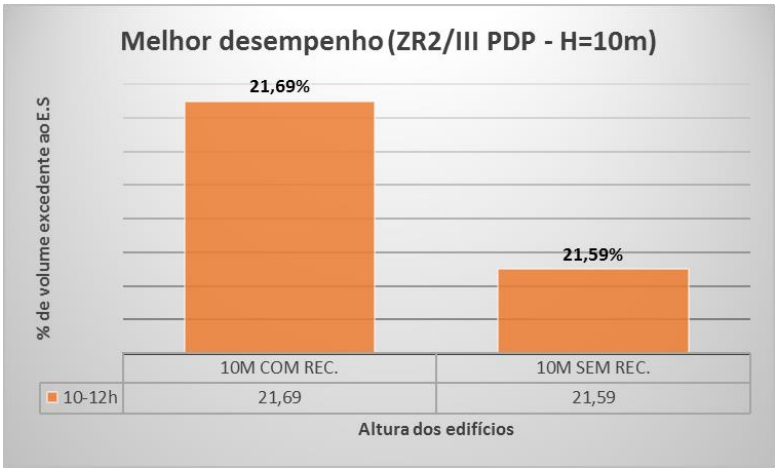


Figura 68 – Comportamento do lote G no III PDP, para H=10m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 68 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote G, orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, com 21,59% de volume excedente aos limites do envelope solar no período de acesso solar das 10-12h.

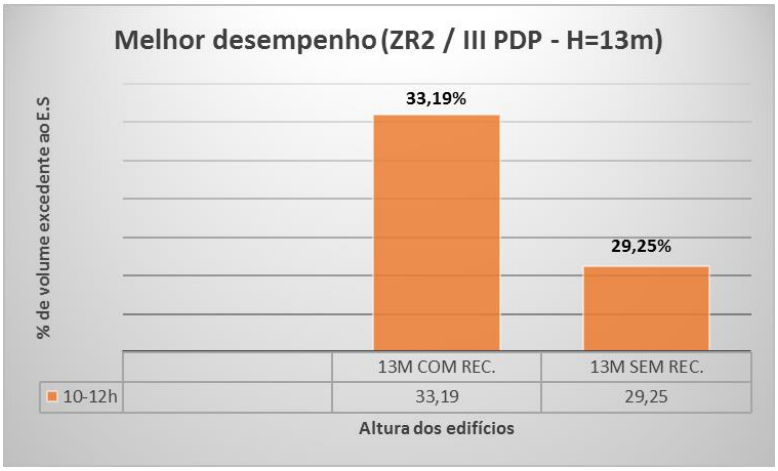


Figura 69 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=13m, Orientação: Sudeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 69 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 13m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote G,

orientação Sudeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, com 29,25% de volume excedente aos limites do envelope solar no período de acesso solar das 10-12h.

4.4.6 Ranking de desempenho para o lote G com volume edificado de H=6m e 12m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H= 6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**I e II PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=12m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I e II PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.4.7 Lote de Esquina - E

Altura dos modelos de simulação: 6m e 12m (Fig. 70)

I PDP

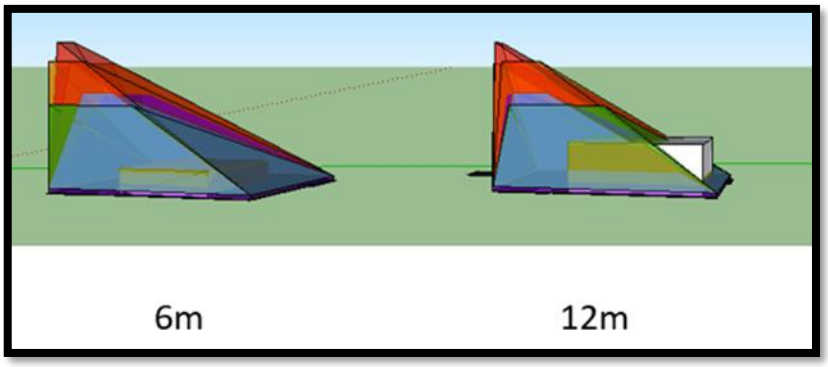


Figura 70- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Altura dos modelos de simulação: 6m e 12m (Fig. 71)

II PDP

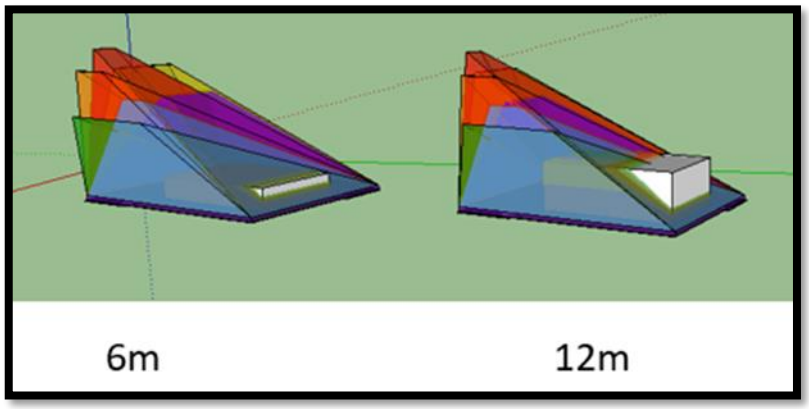


Figura 71- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Modelos de simulação com altura de 6m, não tiveram volume excedente aos limites do envelope solar na ZR2, quando aplicados os máximos índices urbanisticos propostos pelo I PDP, entre eles, os recuos minimos.

No momento em que são aplicados os máximos índices propostos pelo II PDP, o modelo de simulação tem apenas um pequeno percentual (inferior a 1%) de volume

excedente aos limites do envelope, com a aplicação de recuo de ajardinamento de 4m e recuo lateral superior a 2,50m na melhor orientação solar.

Foi verificado, portanto, um retrocesso na legislação urbanística do I para o II PDP na garantia dos direitos solares em lotes de esquina para modelos de simulação com altura de 6m.

Modelos de simulação com altura de 12m, apresentaram melhor resultado quando aplicados os máximos índices urbanísticos previstos pelo II PDP, com a aplicação dos valores mínimos sugeridos pelo plano para os recuos, variando apenas o recuo lateral, o qual foi aplicado na divisa com melhor orientação solar com valor superior ao mínimo sugerido.

Altura dos modelos de simulação: 10m e 13m (Fig. 72)

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

(c): com recuo de ajardinamento de 4m

(d): no alinhamento

III PDP

(a) (b) (c) (d)

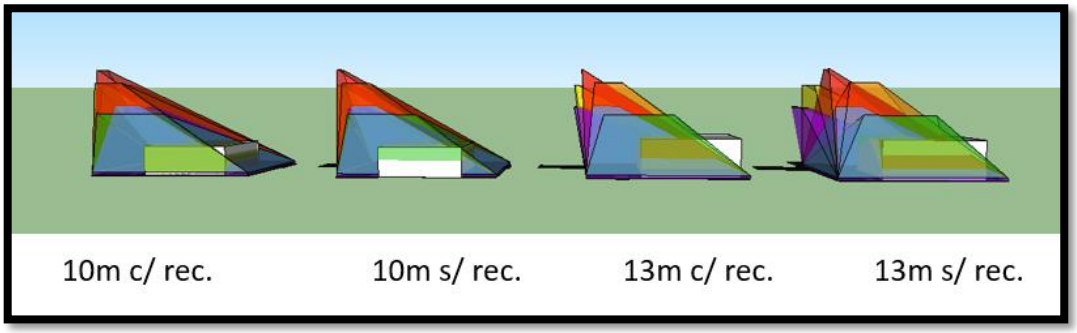


Figura 72- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR2
Fonte: autora, 2015

Da mesma forma que na zona residencial 1, quando aplicados os máximos índices urbanísticos previstos pelo III PDP nos modelos de simulação com altura de 10m e 13m em lotes de esquina, se verificou um bom resultado em relação ao envelope solar. Novamente, os modelos posicionados no alinhamento predial, foram os que apresentam melhor desempenho.

Esse bom desempenho é atribuído ao maior volume de envelope que utilizou como critério a abrangência de áreas desobstruídas (calçada e via), fazendo com que o envelope contenha maior volume edificado .

4.4.8 Comportamento do lote E em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR2 no melhor horário de acesso solar. As fig. 73,74,75 e 76 ilustram os gráficos de desempenho.

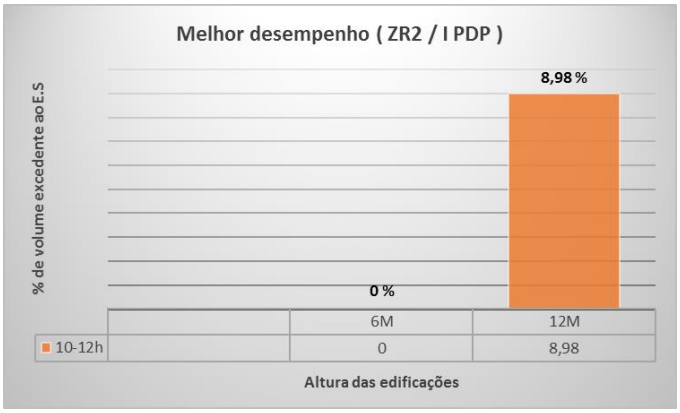


Figura 73 - Comportamento do lote E no I PDP, para H=6m e 12m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 73 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m e 12m em um lote de esquina E, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O modelo de simulação com altura de 6m, obteve melhor resultado no horário de acesso solar das 10-12h, não apresentando volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

O modelo de simulação com altura de 12m, apresentou melhor desempenho igualmente, no período de acesso solar das 10-12h, com 8,98% de volume excedente aos limites do envelope.

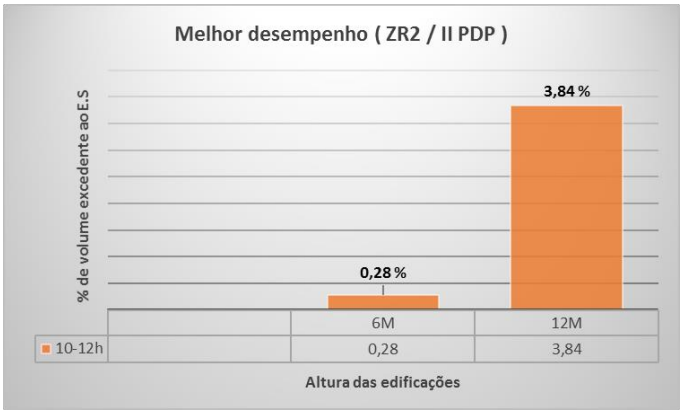


Figura 74 - Comportamento do lote E no II PDP, para H=6m e 12m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 74 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m e 12m, em um lote de esquina - E, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O modelo com altura de 6m, obteve melhor desempenho no período de acesso solar compreendido entre 10-12h, com 0,28% de volume edificado excedente aos limites do envelope solar.

Da mesma forma, o modelo com altura de 12m, obteve melhor resultado no horário de acesso solar das 10-12h, com 3,84% de volume excedente aos limites do envelope solar.

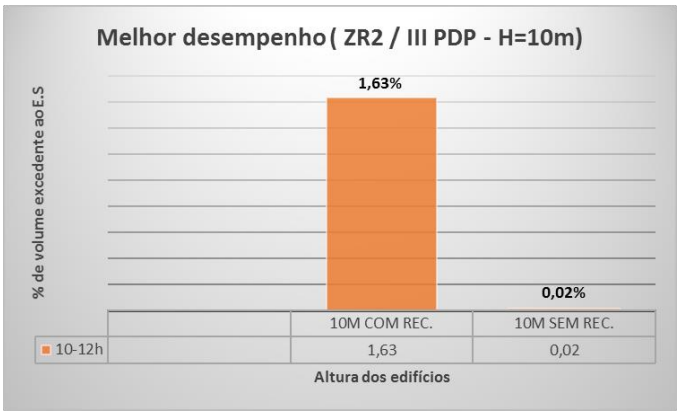


Figura 75 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=10m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 75 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote de esquina - E, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, no período de acesso solar das 10-12h.

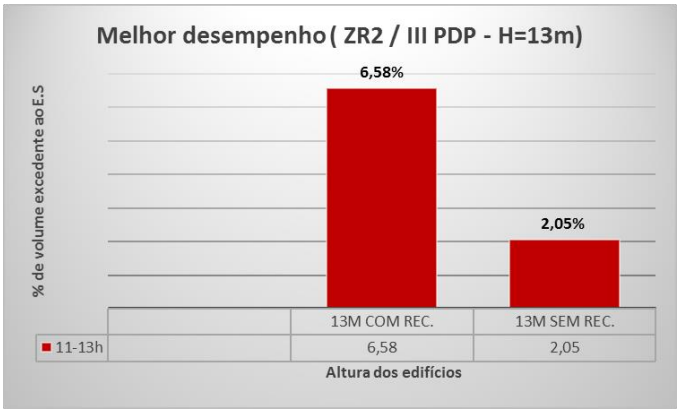


Figura 76 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=13m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 76 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 13m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote de esquina - E, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR2.

O melhor resultado apresentado também se deve ao modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, no período de acesso solar das 11-13h.

4.4.9 Ranking de desempenho para o lote E com volume edificado de H=6m e 12m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H=6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	**I e II PDP**
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=12m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**I e II PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=10m com recuo		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**III PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=13m com recuo		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**III PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	**III PDP**
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=13m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**III PDP**
Ruim	>10%	

4.5 Análise dos índices urbanísticos para a ZR3

De acordo com a tab.7 que apresenta os índices urbanísticos propostos pelos três planos diretores para a ZR3, observou-se que em relação ao Índice de Aproveitamento (I.A), da mesma forma que na ZR1, o plano de 1968 (I PDP) previa um alto valor para a zona com a possibilidade de construções em altura. Contudo, como esta zona localiza-se em região mais periférica longe do centro da cidade, se supõe que tinha como objetivo estimular a ocupação da área.

O plano de 1980 (II PDP), baixou o I.A para 1 e limitou a altura máxima para 6m ou 2 pavimentos o que de fato ocorreu com as edificações nessa zona, o que pode ser visualizado nas imagens da área.

A Taxa de Ocupação (T.O), teve seu valor aumentado gradativamente ao longo da vigência dos planos, assim como ocorreu para as demais zonas.

Sobre a altura máxima permitida para as edificações, como dito anteriormente, havia a possibilidade de construção em altura para área no I PDP; o II

PDP limitou a altura máxima permita para as edificações, fixando seu valor em 2 pavimentos, e o III PDP propõe como regra geral em todo o perímetro urbano altura de 10m.

Do mesmo modo que na ZR1 e na ZR2, na ZR3 a largura das vias previstas no I PDP, II PDP e III PDP seguem os mesmos valores.

Sobre os recuos, apresentados na tab.8, se verificou que em relação ao de ajardinamento houve um aumento de 1m do I PDP ao IIPDP. O III PDP retoma o valor de 4m para este afastamento, podendo como dito anteriormente, ser dispensado em determinados casos.

No que diz respeito ao recuo frontal, assim como nas demais zonas, este era exigido apenas no I PDP quando a altura da edificação era superior 24m. Neste caso, dever-se-ia recuar 1m para cada pavimento acima de 24m. Os demais planos, isentavam o recuo frontal nesta zona.

Quanto ao recuo lateral e de fundos, os valores mínimos exigidos por cada plano seguem as mesmas recomendações propostas para a ZR1 e ZR2.

A análise dos recuos estipulados por cada plano diretor para a ZR3 demonstrou que, da mesma forma que na ZR1 e ZR2, houve uma redução quanto ao valor mínimo exigido para os recuos de uma forma geral. No entanto, se percebeu que houve uma tentativa de restrição quanto a ocupação dos lotes no II PDP quando houve o aumento do recuo de ajardinamento para 5m na zona. Por outro lado, o III PDP resgata a proposta de 4m para o recuo de ajardinamento com regra geral para todo o perímetro urbano.

Assim, a análise dos índices urbanísticos da zona verificou que o I PDP previa para a ZR3, assim como na ZR1, construções em altura e alto I.A, o que sugere a intenção de incentivar a ocupação da área naquele momento.

Entretanto, talvez a distância da área ao centro da cidade tenha impedido uma maior densificação da zona ao longo dos anos.

O II PDP baixou o I.A e limitou a altura das edificações em 2 pavimentos, além de estipular um maior recuo para a zona, o que claramente sugere uma preocupação com a qualidade do espaço urbano.

O III PDP, como dito anteriormente, generaliza os índices urbanísticos para toda a cidade, através da regra geral do Art.123.

4.6 Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação

As Fig. 77, 78 e 79 apresentam a sobreposição dos envelopes solares, gerados para cada horário de acesso solar sobre o modelo de simulação decorrente da aplicação dos máximos índices urbanísticos de cada Plano Diretor para os lotes P, G e E na ZR3.

4.6.1 Lote Pequeno - P (testada até 6m)

Altura do modelo de simulação: 6m

I PDP

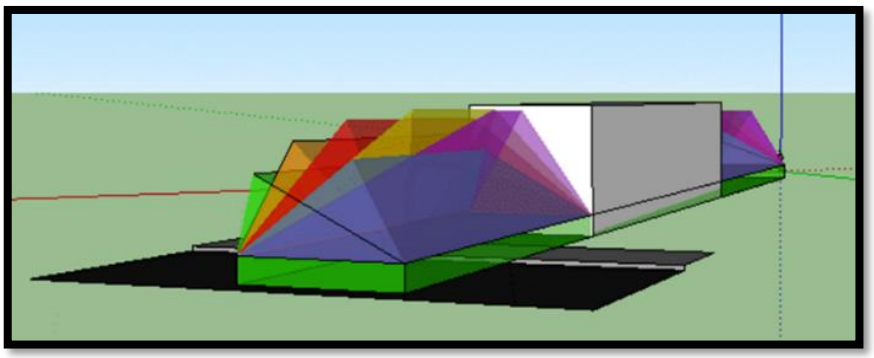


Figura 77- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Altura do modelo de simulação: 6m

II PDP

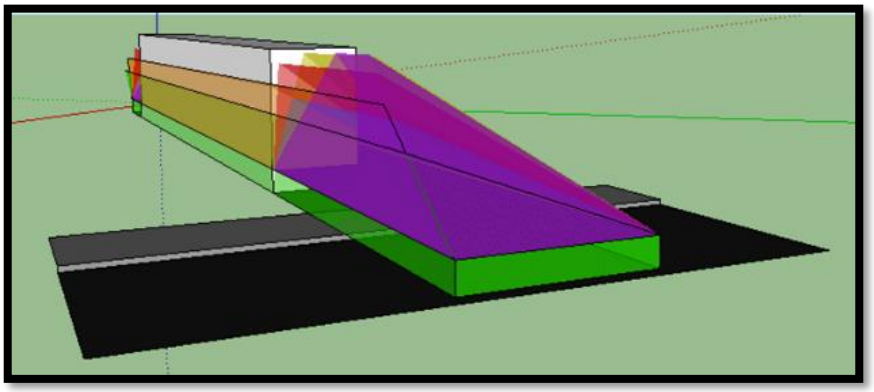


Figura 78- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Nesta zona residencial, o modelo de simulação derivado da aplicação dos máximos índices urbanísticos previstos no II PDP, teve melhor resultado em relação ao modelo de simulação do I PDP. Dessa forma, se evidenciou evolução da legislação

quanto a garantia do direito ao sol. O resultado observado foi considerado razoável, uma vez que houve um percentual de volume excedente aos limites do envelope superior a 20%.

Altura dos modelos de simulação: 10m

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

III PDP

(a) (b)

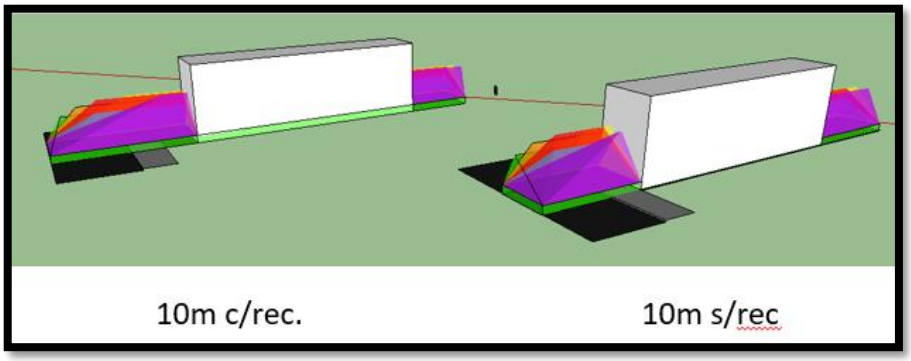


Figura 79- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Modelos de simulação com altura de 10m previstos no III PDP, obtiveram melhor resultado em relação aos limites impostos pelo envelope, quando foram recuados 4m, ocorrendo nesta zona residencial, o oposto das zonas anteriores.

4.6.2 Comportamento do lote P em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR3 no melhor horário de acesso solar. As fig. 80 e 81 ilustram os gráficos de desempenho.

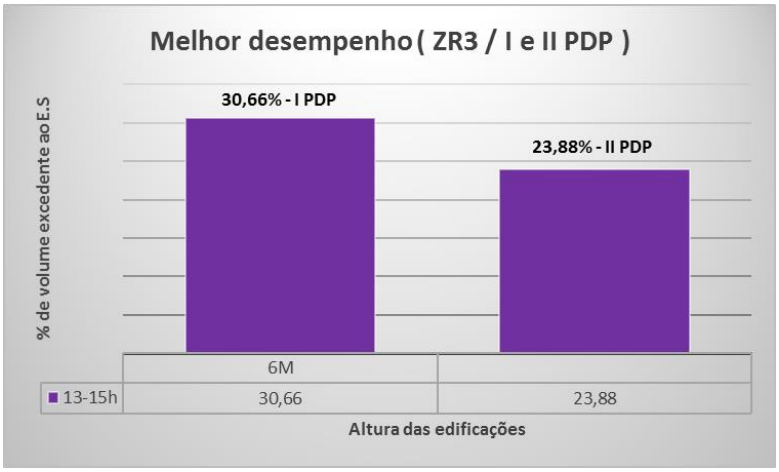


Figura 80 - Comportamento do lote P no I e II PDP, para H=6m, Orientação: Nordeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 80 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m em um lote P, orientação Nordeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I e II Plano Diretor de Pelotas na ZR3. O modelo que apresentou melhor resultado foi o relativo ao II PDP, o qual teve 23,88% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope, no período de acesso solar das 13-15h.

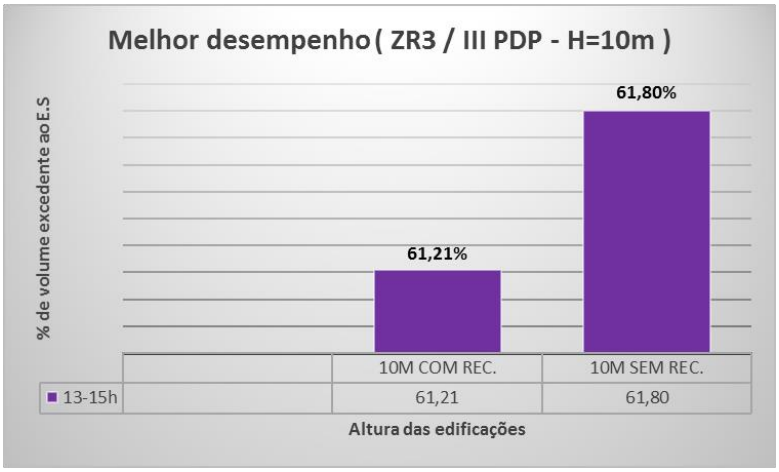


Figura 81 - Comportamento do lote P no III PDP, para H=10m, Orientação: Nordeste
Fonte: autora, 2016

Na Fig. 81, é apresentado o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m, recuados 4m e posicionados no alinhamento predial conforme indicação do III PDP em um lote P, orientação Nordeste na ZR3. Foi observado que o desempenho de ambos foi similar, tendo mais de 50% de volume excedente aos limites propostos pelo envelope também no período de 13-15h.

4.6.3 Ranking de desempenho para o lote P com volume edificado de H=6m no I e II PDP e H=10m com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H=6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I e II PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.6.4 Lote Grande - G (testada maior que 6m)

Altura dos modelos de simulação: 6m; 12m e 24m (Fig. 82)

I PDP

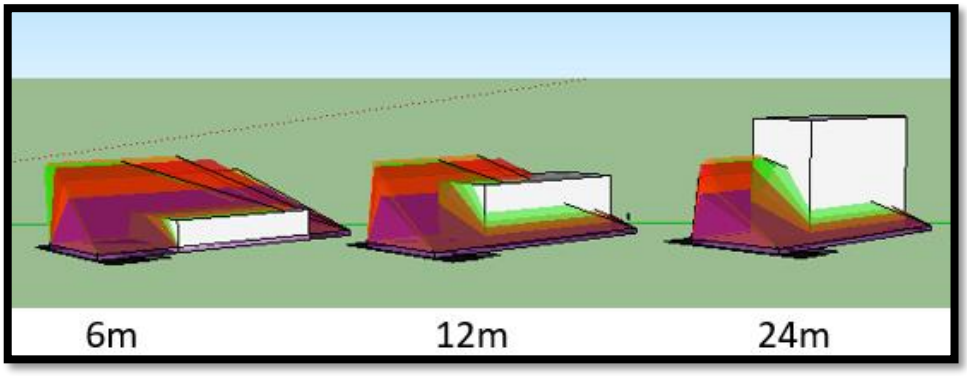


Figura 82- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Altura do modelos de simulação: 6m (Fig. 83)

II PDP

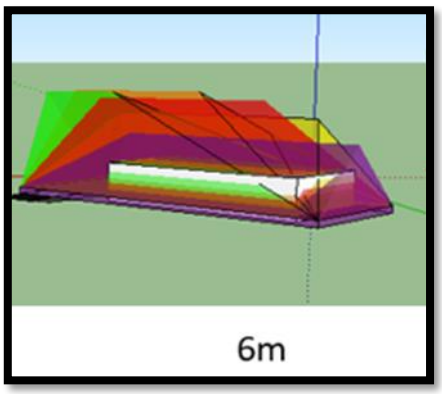


Figura 83- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Os modelos de simulação com altura de 6m apresentaram melhor resultado em relação aos limites do envelope quando aplicados os máximos índices propostos pelo II PDP, caracterizando, portanto uma evolução da legislação na garantia do direito ao sol. Esse resultado, se deve ao maior recuo de ajardinamento (5m) sugerido pelo plano, aplicação de recuo lateral nas duas divisas com valor superior ao mínimo recomendado (2,50m) e recuo de fundos.

Modelos de volumes edificados com altura de 12m permitidos pelo I PDP, tiveram melhor desempenho em relação aos limites do envelope solar quando foram aplicados os máximos índices propostos pelo I PDP. Uma vez que o II PDP limita a altura em 6m nesta zona, não foi possível fazer uma análise da evolução da lei. No entanto, esse bom resultado foi obtido através da aplicação de recuo de ajardinamento, recuo lateral nas duas divisas, sendo que no afastamento com melhor orientação solar foi atribuído valor superior ao mínimo recomendado e recuo de fundo no valor mínimo previsto.

Modelos de simulação com altura de 24m previstos no I PDP, para a ZR3, demonstraram que assim como na ZR1, o percentual de volume excedente aos limites do envelope foi superior a 50%, demonstrando que edifícios em altura quando aplicados os máximos índices urbanísticos previstos na lei do I PDP, não garantem os direitos solares dos vizinhos.

Altura dos modelos de simulação: 10m e 13m (Fig. 84)

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

(c): com recuo de ajardinamento de 4m

(d): no alinhamento

III PDP

(a) (b) (c) (d)

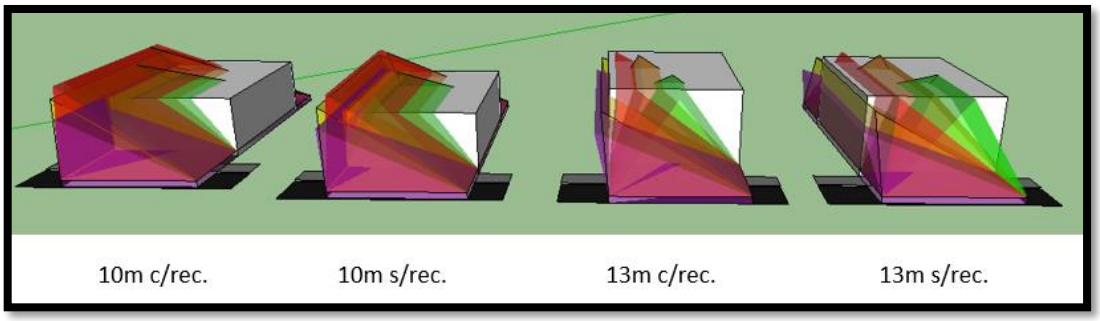


Figura 84- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Nesta zona residencial, modelos de simulação com altura edificada de 10m e 13m, tiveram melhor desempenho em relação ao envelope solar quando posicionados no alinhamento predial. Esse resultado, se deve ao maior volume de envelope solar que engloba a poligonal do lote e avança sobre a calçada e a via, visto que, estas se encontram normalmente, desobstruídas à radiação solar, logo, o envelope contém mais volume edificado.

4.6.5 Comportamento do lote G em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR3 no melhor horário de acesso solar. As fig. 85, 86,87 e 88 ilustram os gráficos de desempenho.

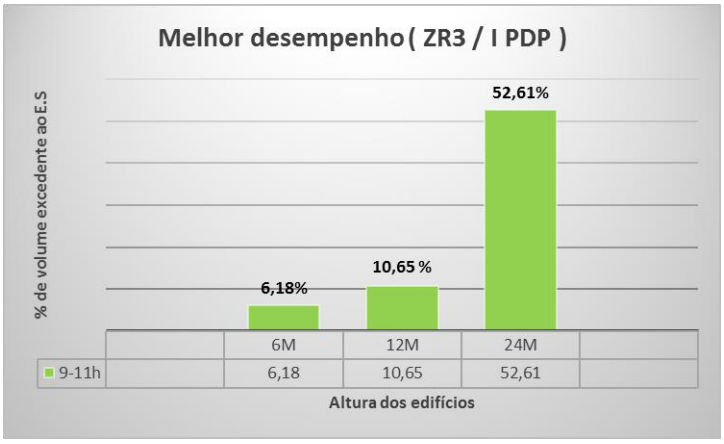


Figura 85 - Comportamento do lote G no I PDP, para H=6m,12m e 24m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 85 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m, 12m e 24m em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O melhor resultado apresentado pelo modelo de simulação com altura de 6m, foi no horário de acesso solar compreendido entre 9-11h, com 6,18% de volume excedente aos limites do envelope solar.

O modelo de simulação com altura de 12m, apresentou melhor desempenho também no período de acesso solar das 9-11h, com 10,65% de volume excedente aos limites do envelope.

Em relação ao modelo de simulação com altura de 24m, este, também apresentou melhor resultado no período de acesso solar das 9-11h com 52,61% de volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

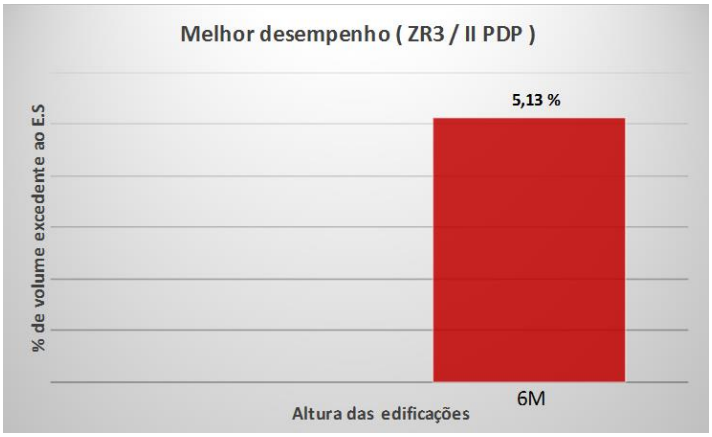


Figura 86 - Comportamento do lote G no II PDP, para H=6m Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 86 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O melhor resultado obtido para o modelo de simulação foi no período de acesso solar compreendido entre 11-13h, com 5,13% de volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

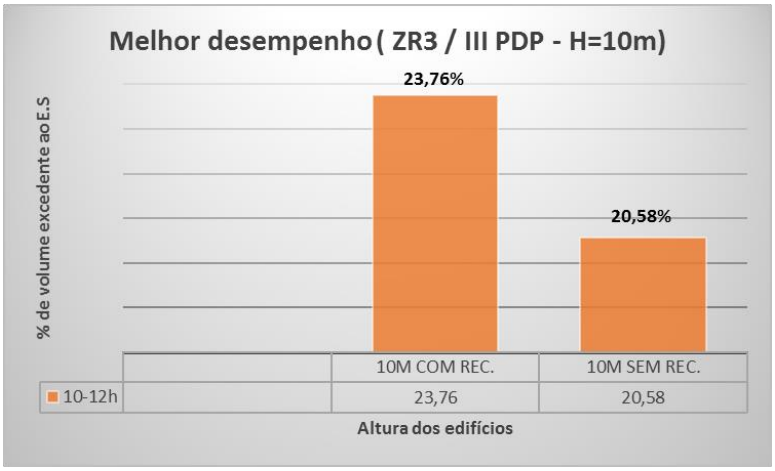


Figura 87 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=10m, Orientação: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 87 apresenta o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, com 20,58% de volume excedente aos limites do envelope solar no período de acesso solar das 10-12h.

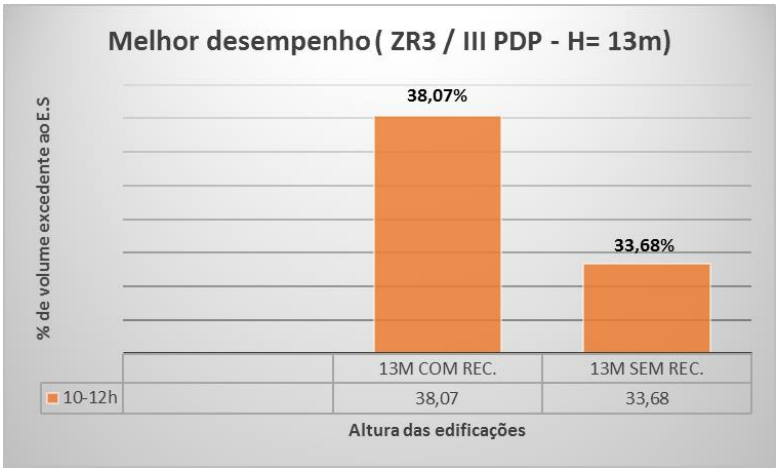


Figura 88 - Comportamento do lote G no III PDP, para H=13m, Orientaçção: Noroeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 88 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 13m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote G, orientação Noroeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O modelo de simulação que 33,68% de volume excedente aos limites do envelope no período de acesso solar das 10-12h.

4.6.6 Ranking de desempenho para o lote G com volume edificado de H=6m; 12m e 24 no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H=6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**I e II PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=12m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I PDP**

Ranking de desempenho H=24m		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m com recuo		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.6.7 Lote de Esquina - E

Altura dos modelos de simulação: 6m; 12m e 24m (Fig. 89)

I PDP

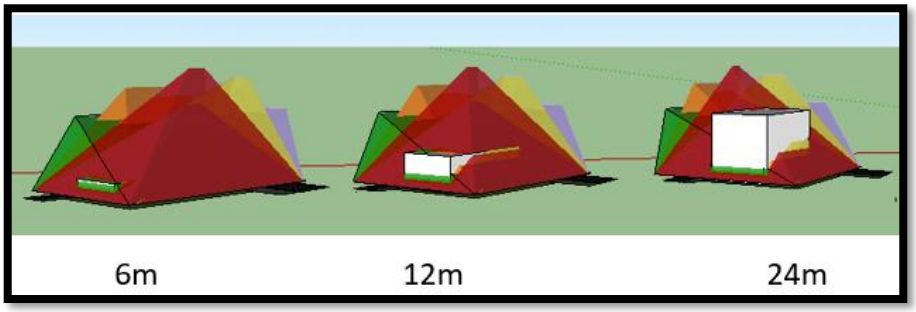


Figura 89- Envelopes solares x Volume edificado no I PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Altura do modelo de simulação: 6m (Fig. 90)

II PDP

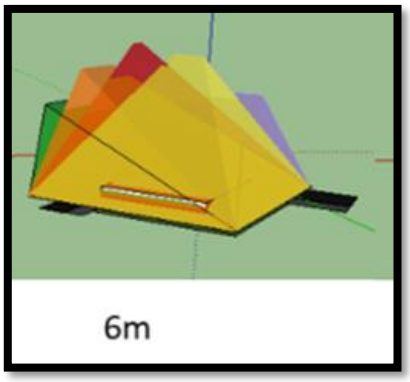


Figura 90- Envelopes solares x Volume edificado no II PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

A análise dos modelos de simulação com altura de 6m posicionados na esquina, indicaram que praticamente não houve percentual de volume edificado excedente aos limites do envelope, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II PDP, caracterizando a garantia dos direitos solares das edificações. Este resultado deve-se à aplicação de um maior recuo de ajardinamento (5m) e recuo lateral em apenas uma divisa na melhor orientação solar com valor superior ao mínimo exigido pelo plano.

Modelos de simulação com altura de 24m na ZR3 apresentaram, da mesma forma que na ZR1, desempenho razoável em relação aos limites impostos pelo envelope solar, se comparado com o desempenho do modelo de simulação de 24m no lote G. Esse resultado é atribuido a uma ocupação na qual foram aplicados recuos mínimos exigidos pelo I PDP, com variação do recuo lateral que foi aplicado na divisa com melhor orientação solar e valor superior ao mínimo proposto.

Nesta zona, o II PDP passou a limitar a altura máxima das edificações em 6m, sendo assim, não foi possível fazer a comparação entre os modelos de simulação de 24m. Dessa forma, não é possível afirmar se houve uma evolução da legislação urbanística quanto a garantia dos direitos solares das edificações para esta altura.

Altura dos modelos de simulação: 10m e 13m (Fig. 91)

(a): com recuo de ajardinamento de 4m

(b): no alinhamento

(c): com recuo de ajardinamento de 4m

(d): no alinhamento

III PDP

(a) (b) (c) (d)

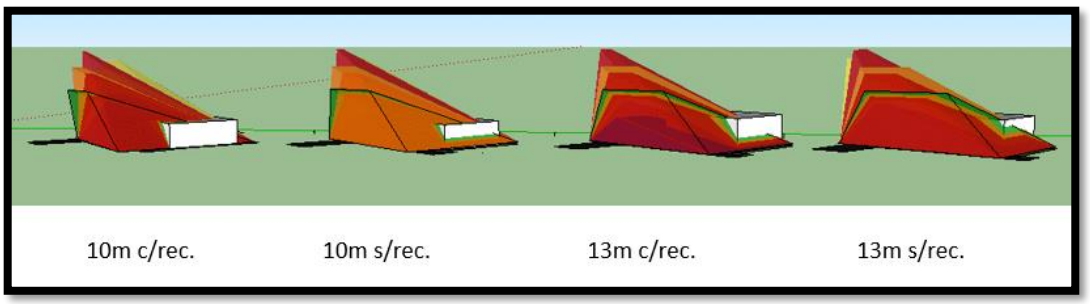


Figura 91- Envelopes solares x Volume edificado no III PDP na ZR3
Fonte: autora, 2015

Os modelos de simulação com altura de 10m e 13m nesta zona, apresentaram um comportamento pior em relação as demais zonas residenciais, visto que, tiveram percentual excedente aos limites do envelope, acima de 20% apresentando melhor resultado quando os modelos foram posicionados no alinhamento predial.

4.6.8 Comportamento do lote E em cada Plano Diretor de Pelotas -RS e sua relação com o Envelope Solar no recorte urbano da ZR3 no melhor horário de acesso solar. As fig. 92, 93,94 e 95 ilustram os gráficos de desempenho.

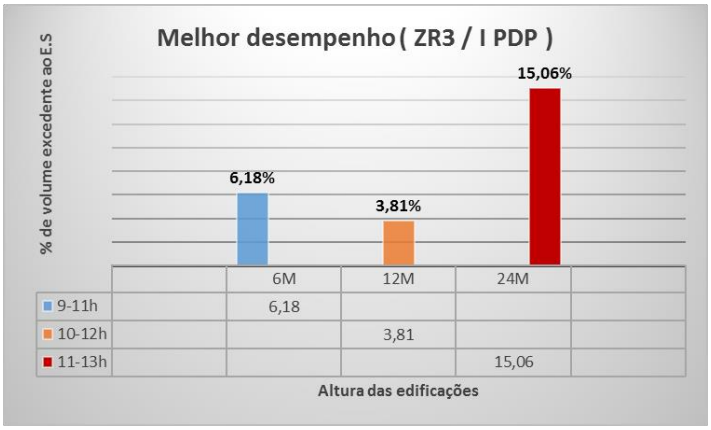


Figura 92- Comportamento do lote E no I PDP, para H=6m,12m e 24m, Orientação: Sudoeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 92 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 6m, 12m e 24m em um lote de esquina - E, orientação Sudoeste, quando

aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O modelo de simulação com altura de 6m, obteve melhor resultado no horário de acesso solar das 9-11h, com 6,18% de volume excedente aos limites previstos pelo envelope solar.

O modelo de simulação com altura de 12m, obteve melhor desempenho, no período de acesso solar das 10-12h, com 3,81% de volume excedente aos limites do envelope.

Sobre o modelo de simulação com altura de 24m, este, apresentou melhor resultado no período de acesso solar das 11-13h com 15,06% de volume excedente aos limites do envelope.

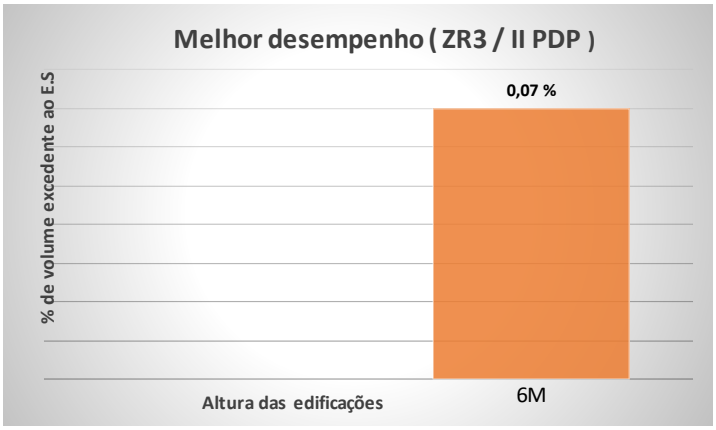


Figura 93- Comportamento do lote E no II PDP, para H=6m, Orientação: Sudoeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 93 apresenta o gráfico de desempenho do modelo de simulação com altura de 6m em um lote de esquina - E, orientação Sudoeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

Este modelo, obteve melhor desempenho no período de acesso solar compreendido entre 10-12h, com 0,07% de volume edificado excedente aos limites do envelope solar.

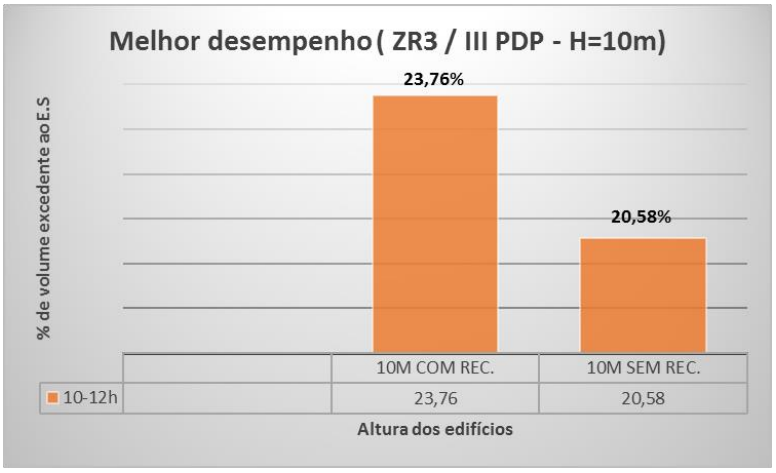


Figura 94- Comportamento do lote E no III PDP, para H=10m, Orientação: Sudoeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 94 ilustra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 10m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote de esquina - E, orientação Sudoeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, no período de acesso solar das 10-12h.

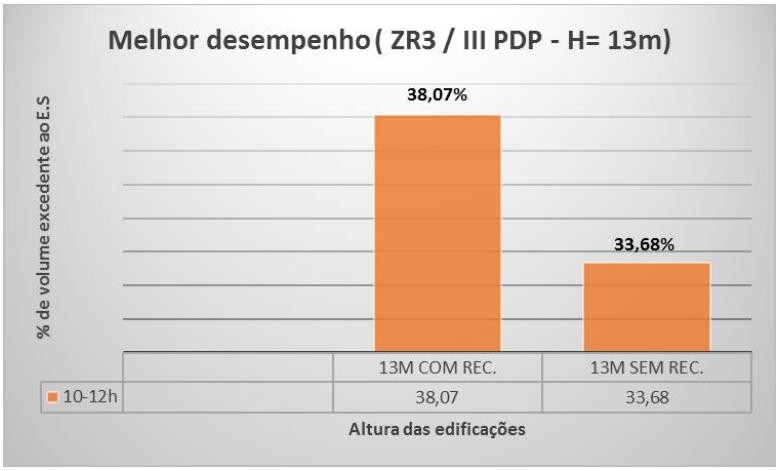


Figura 95 - Comportamento do lote E no III PDP, para H=13m, Orientação: Sudoeste
Fonte: autora, 2016

A Fig. 95 demonstra o gráfico de desempenho dos modelos de simulação com altura de 13m recuados 4m e posicionados no alinhamento predial, em um lote de esquina - E, orientação Sudoeste, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo III Plano Diretor de Pelotas na ZR3.

O melhor resultado apresentado foi o do modelo de simulação posicionado no alinhamento predial, no período de acesso solar das 10-12h.

4.6.9 Ranking de desempenho para o lote E com volume edificado de H=6m;12m e 24m no I e II PDP e H=10m e 13m, com recuo de ajardinamento de 4m e posicionado no alinhamento predial no III PDP.

Ranking de desempenho H=6m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	**I e II PDP**
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=12m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	**I PDP**
Ruim	>10%	

Ranking de desempenho H=24m		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**I PDP**

Ranking de desempenho H=10m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m com recuo		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=10m no alinhamento		**Plano Diretor**
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

Ranking de desempenho H=13m no alinhamento		Plano Diretor
Excelente	< 1%	
Bom	1-10%	
Ruim	>10%	**III PDP**

4.7 Melhor desempenho dos modelos de simulação nos lotes, quanto ao percentual volume excedente ao Envelope Solar.

As tabelas a seguir, apresentam a zona residencial e o regime urbanístico que obteve o melhor resultado em relação ao envelope solar para cada configuração de lote e altura máxima.

4.7.1 Melhor desempenho para o lote P

Tabela 13 - Melhor desempenho para H=6m no I e II PDP

Recorte Urbano	Plano Diretor	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR1	I PDP	23,86%	12-14h

Fonte: autora, 2016

Tabela 14 - Melhor desempenho para H=10m no III PDP, com e sem recuo ajard.

Recorte Urbano	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR1	55,08% Sem recuo ajard.	12-14h

Fonte: autora, 2016

Os resultados obtidos na análise para o lote P, com um volume edificado com altura de 6m, demonstraram que a ZR1 teve melhor desempenho quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I PDP, com menos de 25% de volume excedente ao envelope solar, o que assegura a garantia de pelo menos 2h de insolação no período compreendido entre 12-14h.

Se verificou que o resultado obtido, se deve à aplicação dos Art. 14,15 e 16 da Lei 1672/68, os quais isentam a obrigatoriedade do recuo lateral. Assim, para garantir a taxa de ocupação proposta de 50% no plano, foi aplicado um maior recuo de fundos.

No entanto, quando se elevou a altura do volume de simulação para 10m como proposto no III PDP, o desempenho da construção foi ruim nas três zonas analisadas: volumes excedentes ao envelope solar em duas situações, modelo posicionado no alinhamento predial e recuado 4m com valores superiores aos 50%.

Observou-se através dessa análise, que o I PDP teve bom desempenho quanto a garantia de acesso ao sol para volumes edificados com até dois pavimentos para lotes com testada até 6m.

4.7.2 Melhor desempenho para o lote G

Tabela 15 - Melhor desempenho para H=6m no I e II PDP

Recorte Urbano	Plano Diretor	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR2	II PDP	3,19%	10-12h

Fonte: autora, 2016

Tabela 16 - Melhor desempenho para H=12m no I e II PDP

Recorte Urbano	Plano Diretor	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR3	I PDP	10,65%	9-11h

Fonte: autora, 2016

Tabela 17 - Melhor desempenho para H=24m no I PDP

Recorte Urbano	Plano Diretor	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR1	I PDP	55,55%	13-15h

Fonte: autora, 2016

Tabela 18 - Melhor desempenho para H=10m no III PDP, com e sem recuo de ajard.

Recorte Urbano	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR3	20,58% Sem recuo ajard.	10-12h

Fonte: autora, 2016

Tabela 19 - Melhor desempenho para H=13m no III PDP, com e sem recuo de ajard.

Recorte Urbano	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR1	28,90% Sem recuo ajard.	9-11h

Fonte: autora, 2016

Em relação a análise realizada para o lote G, para um volume edificado com altura de 6m, se constatou que o melhor desempenho em relação aos limites propostos pelo envelope solar, foi da ZR2 quando aplicados os máximos índices previstos no II PDP.

Este resultado, com volume excedente ao envelope inferior a 10%, foi reflexo de uma ocupação em que foram aplicados recuos de ajardinamento, lateral e de fundos. O recuo lateral foi aplicado utilizando a relação (L/4) em apenas uma das divisas, conforme indica o plano, e no estudo esta variável foi aplicada na melhor orientação, garantindo acesso solar as edificações no período de 10-12h.

No entanto, quando se dobrou a altura do edifício, passando para 12m, o desempenho se manteve com pouco mais de 10% de volume excedente ao envelope solar, na ZR3. Esse resultado se deve à aplicação dos máximos índices propostos pelo I PDP, com recuo lateral aplicado nas duas divisas, sendo que em um dos afastamentos foi aplicado o mínimo recomendado pelo plano, e na outra divisa, com melhor orientação solar, o modelo foi posicionado com maior recuo lateral, respeitando a máxima taxa de ocupação (50%), sendo que o período de 9-11h foi o que assegurou às habitações acesso ao sol durante o ano inteiro.

Segundo a análise realizada, quando o edifício passou a ter altura de 24m, o desempenho em relação ao envelope solar é ruim na ZR1 e ZR3 (tal altura era permitida apenas nessas zonas no I PDP) com volume excedente acima de 50%. Contudo, o recorte urbano da ZR1 apresentou melhor desempenho em relação a ZR3, o que se deve a um afastamento lateral maior na divisa com melhor orientação, sendo o melhor horário de acesso solar compreendido entre 13-15h.

Os resultados encontrados para os modelos com altura edificada de 10m referentes ao III PDP verificou que a ZR3 teve um bom desempenho com menos de 25% de volume excedente ao envelope solar, quando o modelo se encontra no alinhamento predial, garantindo acesso solar as edificações no período de 10-12h durante o ano inteiro.

No momento em que se elevou a altura para 13m, conforme possibilita o III PDP, o resultado obtido passou a ser razoável, ou seja, ocorreu um volume excedente ao envelope solar pouco maior que 25%. Da mesma forma que na análise anterior, este resultado se atribuiu a opção em que o modelo se encontra no alinhamento predial na ZR1, devido ao fato de que no melhor horário de insolação, 9-11h, o envelope solar contém maior volume edificado.

4.7.3 Melhor desempenho para o lote E

Tabela 20 - Melhor desempenho para H=6m no I e II PDP

Recorte Urbano	**Plano Diretor**	**Volume excedente ao Envelope Solar**	**Melhor horário de acesso ao sol**
ZR1	I PDP	0,00%	12-14h; 13-15h
ZR1	II PDP	0,00%	12-14h; 13-15h
ZR2	I PDP	0,00%	9-11h; 10-12h;11-13h

Fonte: autora, 2016

Tabela 21 - Melhor desempenho para H=12m no I e II PDP

Recorte Urbano	Plano Diretor	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR1	I PDP	0,15%	10-12h

Fonte: autora, 2016

Tabela 22 - Melhor desempenho para H=24m no I PDP

Recorte Urbano	Plano Diretor	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR1	I PDP	19,75%	11-13h

Fonte: autora, 2016

Tabela 23 - Melhor desempenho para H=10m no III PDP, com e sem recuo de ajard.

Recorte Urbano	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR2	0,02%	10-12h
	Sem recuo ajard.	

Fonte: autora, 2016

Tabela 24 - Melhor desempenho para H=13m no III PDP, com e sem recuo de ajard.

Recorte Urbano	Volume excedente ao Envelope Solar	Melhor horário de acesso ao sol
ZR2	2,05%	11-13h
	Sem recuo ajard.	

Fonte: autora, 2016

Lotes posicionados na esquina, nos recortes urbanos da ZR1 e ZR2 para volumes edificados com altura de 6m no I e II PDP, tiveram desempenho excelente em relação ao envelope solar, uma vez que não ocorreu volume excedente aos limites do envelope. Esse desempenho ocorreu no I e II PDP na ZR1 e também no I PDP na ZR2 em diferentes horários de acesso solar, quando aplicados valores mínimos previstos nas leis para os afastamentos, de forma que fosse atribuída máxima ocupação aos lotes.

Quando se elevou a altura dos modelos de simulação para 12m, o desempenho se manteve, tendo apenas um pequeno percentual de volume excedente ao envelope solar (inferior a 1%) na ZR1 quando aplicados os máximos índices do I PDP, e o melhor horário de acesso solar foi das 10-12h.

O modelo de simulação do volume edificado com altura de 24m, teve melhor desempenho quando empregados os máximos índices previstos no I PDP na ZR1 no período de 11-13h.

Em relação aos resultados encontrados na análise do III PDP, constatou-se que para um modelo de simulação com altura de 10m, o desempenho é excelente na ZR1 e na ZR2 quando o modelo é posicionado no alinhamento predial, e isto se deve

ao maior volume edificado contido pelo envelope, no horário de acesso solar compreendido entre 10-12h e das 11-13h.

Para modelos de simulação com altura de 13m, o desempenho se manteve excelente na ZR1 e na ZR2, com percentual de volume excedente ao envelope solar inferior a 10%, sendo o melhor resultado encontrado na ZR2, quando o modelo foi posicionado no alinhamento predial entre 11-13h.

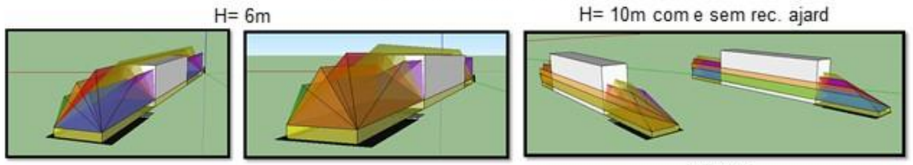
O melhor desempenho verificado para os lotes de esquina, se deve ao maior volume de envelope que engloba a poligonal do lote e avança sobre a calçada e a via dos dois lados, com uma base de 1m acima da linha do terreno como limite para o envelope solar.

4.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS
Zona Residencial 1 – ZR1

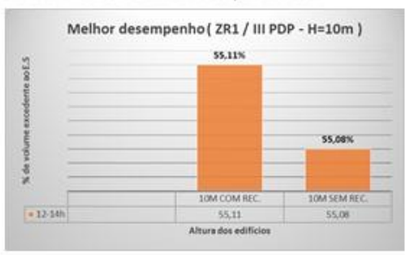
1. Análise dos índices urbanísticos e recuos propostos para a zona indicou que:

Plano Diretor	Índices Urbanísticos	Recuos
I PDP	Propunham uma ideia de densificação da área, devido ao alto I.A e permissão de construções em altura.	Recuos restritivos
II PDP	Restrição da densificação da zona, quando reduziu o I.A e a altura máxima pela metade. Aumento da T.O	Recuos menos restritivos
III PDP	Incentivo à ocupação dos lotes	Isenção de recuo lateral em todo perímetro urbano, para H=10m. Para H=13m, recuos derivados da relação R=(0,4 x H)/2

2. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote P (testada menor que 6m)



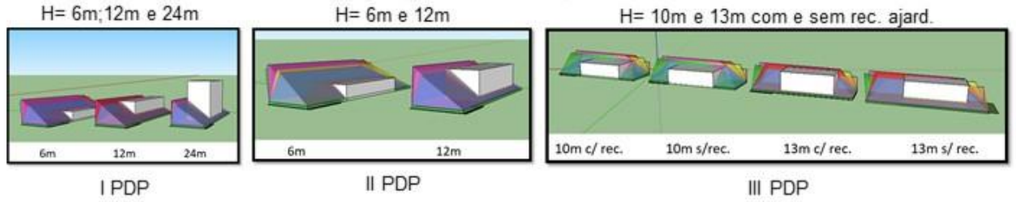
3. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



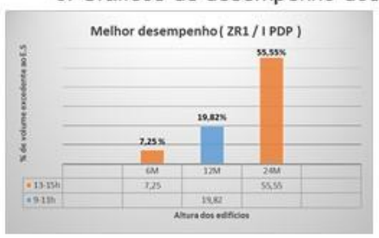
4. Melhores resultados obtidos para o lote P

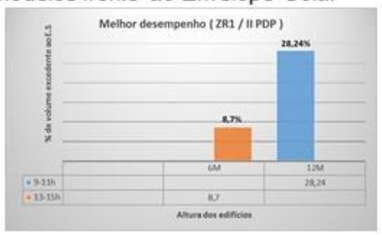
Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado	Atribuído ao
P Orientação: Nordeste	H=6m	Quando aplicados os máximos índices previstos no I PDP.	Recuo de ajardinamento Maior recuo de fundos Isenção de recuo lateral.
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	O afastamento de 4m, não influiu no percentual de volume excedente ao Envelope Solar.	

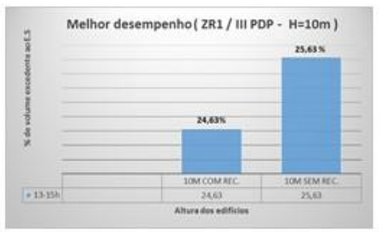
5. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote G (testada maior que 6m)



6. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



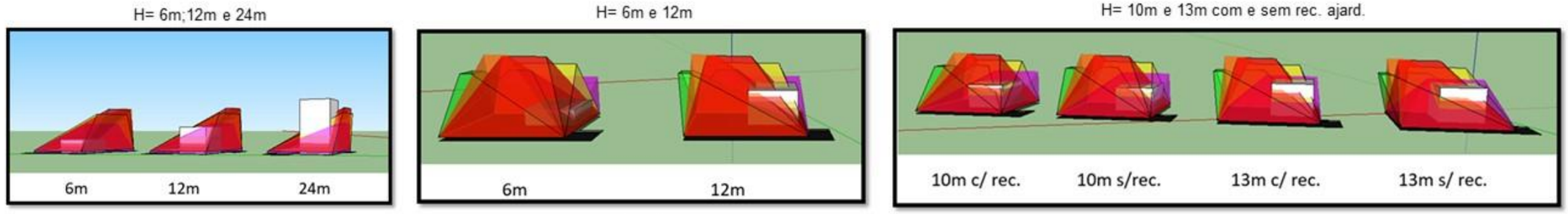




7. Melhores resultados obtidos para o lote G

Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado	Atribuído ao
G Orientação: Noroeste	H=6m	Quando aplicados os máximos índices propostos pelo I PDP.	✓Rec. ajard. ✓Isenção de rec. lateral ✓Maior rec. fundos
	H=12m	Quando aplicados os máximos índices propostos pelo I PDP.	✓ Rec. lat. com valor superior ao mínimo recomendado, na melhor orientação solar
	H=24m	Apenas comparação entre a ZR1 e ZR3 no I PDP, já que no II PDP esta altura não era permitida em nenhuma zona. Houve percentual de volume excedente ao envelope solar superior a 50%.	
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	Com recuo de ajard. de 4m	
	H=13m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	Com recuo de ajard. de 4m	

8. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote de esquina - E



9. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar

10. Melhores resultados obtidos para o lote E

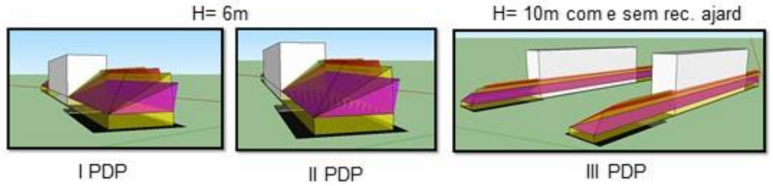
Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado	Atribuído ao
E Orientação: Sudeste	H=6m	Não tiveram volume excedente aos limites do envelope, quando aplicados os máx. índices urbanísticos propostos pelo I e II PDP.	Recuos mínimos obrigatórios exigidos pelo I e II PDP.
	H=12m	Quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I PDP.	Recuos mínimos obrigatórios exigidos pelo plano.
	H=24m	Desempenho razoável (19,75%) de volume excedente aos limites do envelope solar, se comparado com o modelo de simulação do lote G.	
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinham. predial	Maior volume de envelope que utilizou como critério abrangência de áreas desobstruídas à radiação solar (calçada e via)
	H=13m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinham. predial	

RESULTADOS
Zona Residencial 2 – ZR2

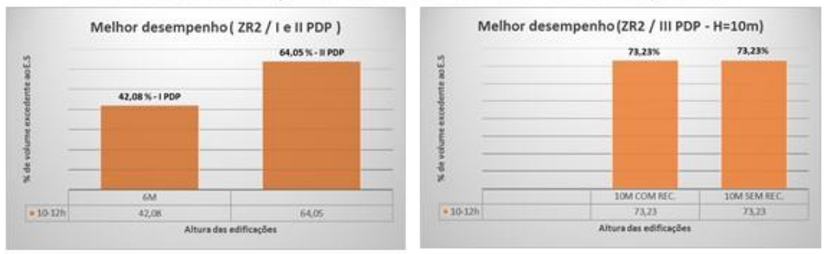
1. Análise dos índices urbanísticos e recuos propostos para a zona indicou que:

Plano Diretor	Índices Urbanísticos	Recuos
I PDP	Baixo I.A, T.O Permitia alturas maiores que 12m.	Recuos mais restritivos (evidenciando uma preocupação com a ocupação dos lotes)
II PDP	I.A (se manteve constante). Aumento da T.O Limitou a altura máx. em 12m	Recuos menos restritivos
III PDP	Incentivo à ocupação dos lotes	Isenção de recuo lateral em todo perímetro urbano, para H=10m. Para H=13m, recuos derivados da relação R=(0,4 x H)/2

2. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote P
(testada menor que 6m)



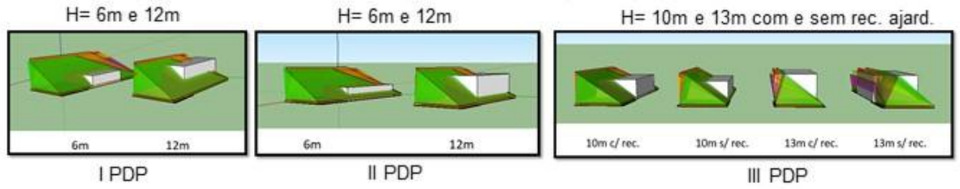
3. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



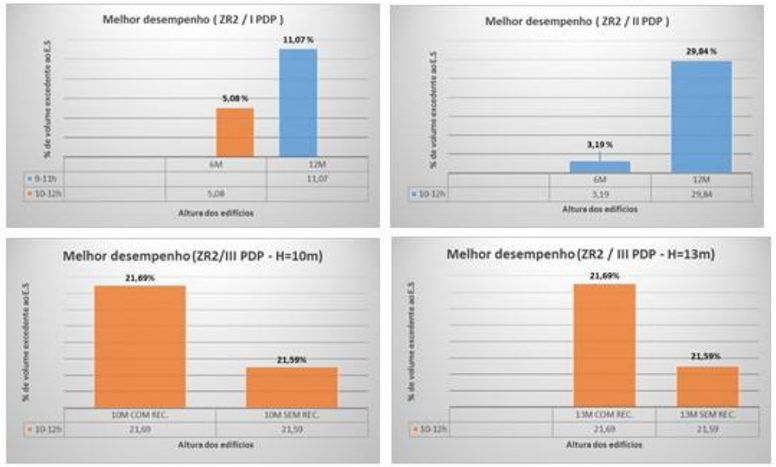
4. Melhores resultados obtidos para o lote P

Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado
P Orientação: Sudeste	H=6m	Quando aplicados os máximos índices previstos no I PDP. No entanto, o modelo teve 40% de volume edificado excedente aos limites previstos pelo envelope solar.
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	Posicionando o modelo no alinhamento predial, ou recuando 4m, o percentual de volume excedente aos limites do envelope solar permaneceu o mesmo.

5. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote G
(testada maior que 6m)



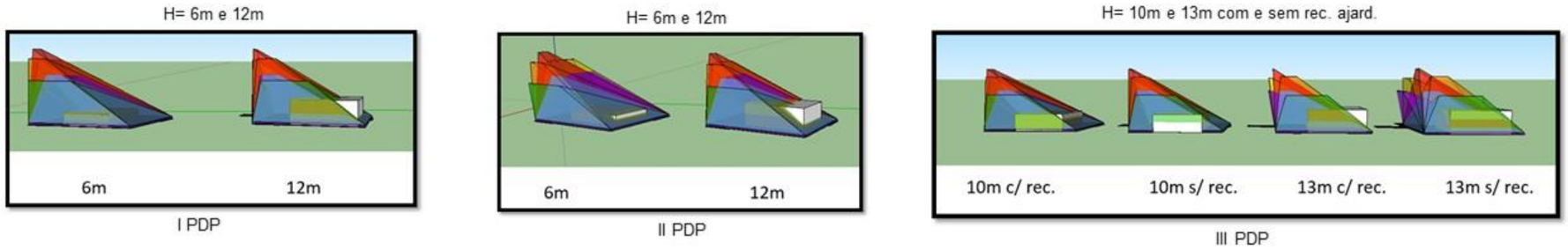
6. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



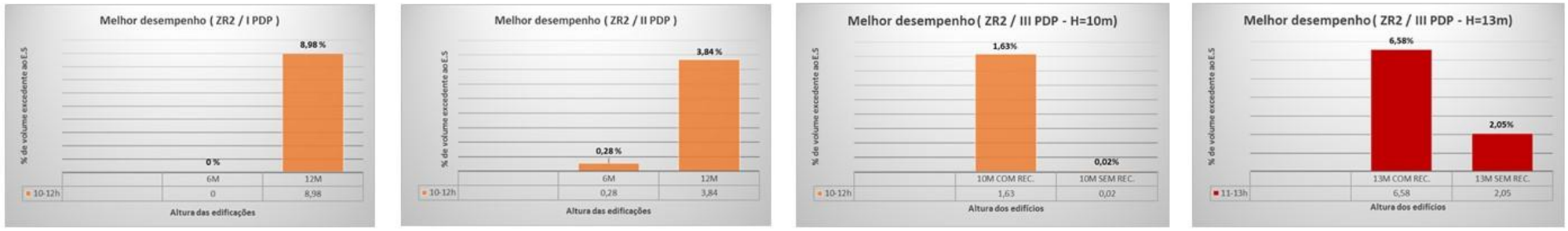
7. Melhores resultados obtidos para o lote G

Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado	Atribuído ao
G Orientação: Sudeste	H=6m	Quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II PDP.	✓ Recuo lateral com afastamento superior ao mínimo recomendado pelo plano em apenas uma divisa, na melhor orientação solar.
	H=12m	Quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo I PDP.	✓ Recuo lateral nas duas divisas, sendo que na divisa com melhor orientação solar, foi aplicado valor superior ao mínimo recomendado, e na outra divisa aplicou-se o valor mínimo.
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinhamento predial	
	H=13m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinhamento predial	

8. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote de esquina - E



9. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



10. Melhores resultados obtidos para o lote E

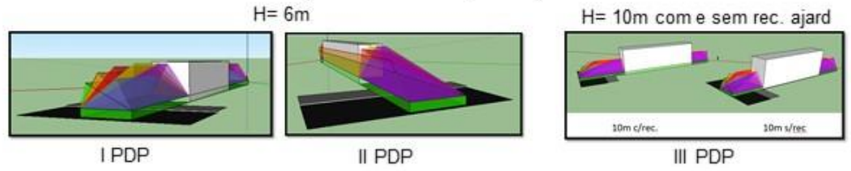
Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado		Atribuído ao	
E Orientação: Noroeste	H=6m	Não tiveram volume excedente ao envelope solar, quando aplicados os máx. índices previstos pelo I PDP.	O modelo de simulação teve um percentual de volume excedente ao envelope solar inferior a 1%, quando aplicados os máximos índices previstos pelo II PDP	I PDP ✓ Aplicação de recuos mínimos obrigatórios, no I PDP.	II PDP ✓ Rec. ajard. de 4m; ✓ Rec. lat. superior a 2,50m, na melhor orientação solar.
	H=12m	Quando aplicados os máx. índices urbanísticos propostos pelo II PDP.		Aplicação de valores mínimos para os recuos, variando apenas, o recuo lateral, o qual foi aplicado na divisa com melhor orientação solar, com valor superior ao mínimo.	
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinham. predial		Maior volume de envelope que utilizou como critério abrangência de áreas desobstruídas à radiação solar (calçada e via)	
	H=13m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinham. predial			

RESULTADOS
Zona Residencial 3 – ZR3

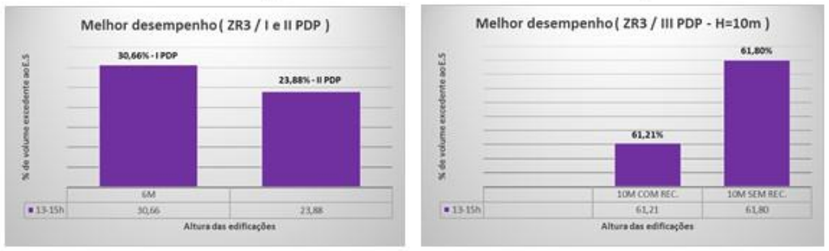
1. Análise dos índices urbanísticos e recuos propostos para a zona indicou que:

Plano Diretor	Índices Urbanísticos	Recuos
I PDP	Alto I.A Permissão de construções em altura (sugere a intenção de incentivar a ocupação da área, já que esta zona encontra-se localizada em região periférica, longe do centro da cidade)	Recuos restritivos
II PDP	Baixou o I.A Limitou a altura máx. em 6m ou 2 pavimentos Aumentou a T.O	Aumentou o recuo de ajardinamento para 5m (sugere tentativa de restrição da ocupação dos lotes)
III PDP	Incentivo à ocupação dos lotes	Isenção de recuo lateral em todo perímetro urbano, para H=10m. Para H=13m, recuos derivados da relação R=(0,4 x H)/2

2. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote P (testada menor que 6m)



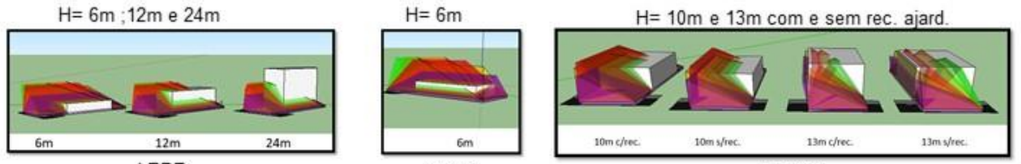
3. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



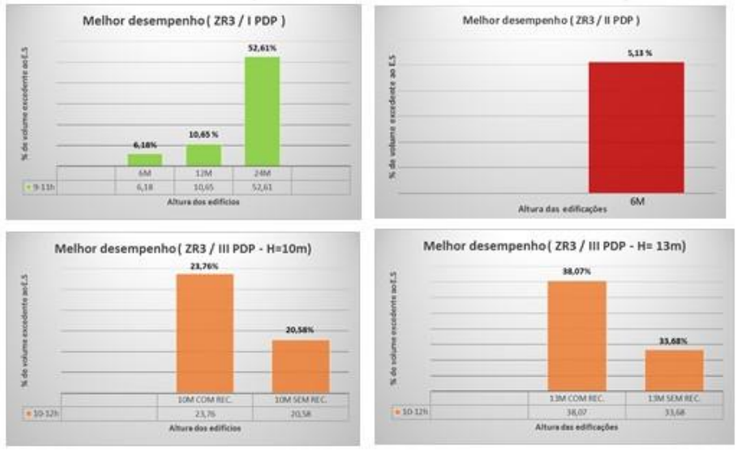
4. Melhores resultados obtidos para o lote P

Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado
P Orientação: Nordeste	H=6m	Quando aplicados os máximos índices previstos no II PDP.
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	Modelos recuados 4m, obtiveram melhor resultado em relação aos limites do envelope solar.

5. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote G (testada maior que 6m)



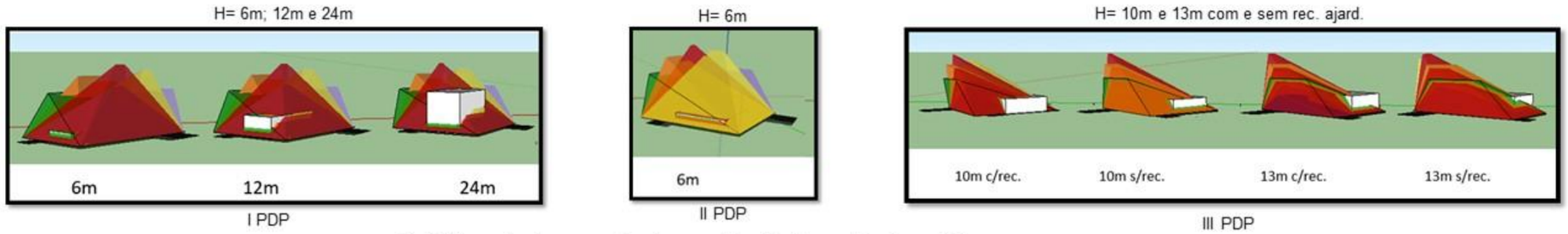
6. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



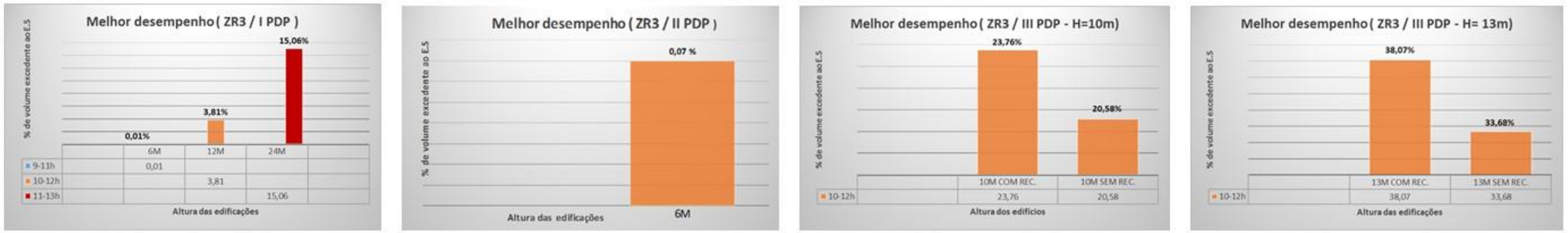
7. Melhores resultados obtidos para o lote G

Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado	Atribuído ao
G Orientação: Noroeste	H=6m	Quando aplicados os máx. índices propostos pelo II PDP	✓ Maior rec. ajard. (5m) ✓ Aplicação de recuo lateral nas duas divisas, com valor superior ao mínimo recomendado ✓ Recuo de fundos
	H=12m	Quando aplicados os máx. índices urbanísticos propostos pelo I PDP (não foi possível comparar com II PDP, uma vez que o plano limita a altura máx. em 6m na zona. (10,65%)	✓ Rec. ajard. ✓ Rec. lat. nas duas divisas (na divisa com melhor orientação solar, foi atribuído valor superior ao mínimo recomendado ✓ Recuo de fundos (mínimo recomendado)
	H=24m	Em comparação com a ZR1, foi verificado que o percentual de volume excedente aos limites do envelope solar foi superior a 50%, demonstrando que edifícios em altura quando aplicados os máx. índices previstos pelo I PDP, não garantem o direito ao sol dos vizinhos.	
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	alinhamento predial	
	H=13m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinhamento predial	

8. Sobreposição dos envelopes solares sobre os modelos de simulação no lote de esquina - E



9. Gráficos de desempenho dos modelos frente ao Envelope Solar



10. Melhores resultados obtidos para o lote E

Lote	Altura modelo simulação	Melhor resultado	Atribuído ao	
E Orientação: Noroeste	H=6m	Quando aplicados os máx. índices urbanísticos propostos pelo I e II PDP	**I PDP** ✓ Rec. ajard. de 4m ✓ Rec. sec. de 2m ✓ Rec. lateral com valor superior ao mínimo recomendado, na melhor orientação solar.	**II PDP** ✓ Rec. ajard. de 5m ✓ Recuo lateral em apenas uma divisa, na melhor orientação solar, com valor superior ao mínimo recomendado pelo plano.
	H=12m	Bom desempenho (inferior a 10%), quando aplicados os máx. índices propostos pelo I PDP. (o II PDP, limita a altura máx. em 6m, portanto não foi possível fazer uma comparação)	✓ Aplicação de recuo ajard. ✓ Recuo secundário (2m) ✓ Rec. lat. em apenas uma divisa, com valor superior ao mínimo, na melhor orientação solar ✓ Recuo de fundos (min.)	
	H=24m	Desempenho razoável em relação aos limites impostos pelo envelope solar, se comparado com o desempenho do modelo de simulação de 24m no lote G.	Aplicação de recuos mínimos exigidos pelo I PDP, com variação do recuo lateral que foi aplicado na divisa com melhor orientação solar e valor superior ao mínimo proposto.	
	H=10m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinhamento predial	Maior volume de envelope que utilizou como critério abrangência de áreas desobstruídas à radiação solar (calçada e via). Entretanto tiveram pior desempenho em relação as demais zonas.	
	H=13m (com e sem recuo de ajard.de 4m)	No alinhamento predial		

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões deste trabalho de dissertação, obtidas a partir da análise do comportamento de volumes edificados decorrentes da aplicação dos máximos índices urbanísticos propostos pelos sucessivos planos diretores de Pelotas – RS, em diferentes configurações de lotes em zonas residenciais, em relação a uma necessidade mínima de horas de insolação.

Sobre o III Plano Diretor:

A aplicação do recuo de ajardinamento de 4m, conforme indica a regra geral do art. 123 deste plano, não interfere na garantia do direito ao sol das edificações, para modelos com altura de 10m, nas três configurações de lotes (pequeno, grande e de esquina).

O mesmo resultado foi verificado, quando se aplicou o art.124, que permite edificações com altura até 13m. Nesse artigo são propostas regras para implantação das edificações, com fórmula específica para o cálculo dos recuos lateral e de fundos e, mesmo assim, as análises demonstraram que estes recuos não influenciaram na garantia do direito ao sol das edificações para modelos com 13m de altura em lotes grandes e de esquina.

Entretanto, deve-se destacar que os lotes de esquina apresentaram melhores resultados ao acesso solar quando tiveram aplicados recuo de ajardinamento secundário, conforme critérios estabelecidos pelos art. 123 e 124 para estes lotes. Este recuo secundário, de no mínimo 2,50m, deve ser considerado na testada do lote em que não se faça o recuo de ajardinamento principal. Neste estudo, foi verificado que apenas a implantação de tal recuo com valor mínimo, para o caso do modelo posicionado no alinhamento predial, ou seja, sem recuo de ajardinamento, com altura de 10 m, proporcionou uma adequação excelente aos limites propostos pelo envelope solar.

Também verificou-se que o melhor desempenho para o modelo de simulação com altura de 13m localizado em lote de esquina, resultou da aplicação do recuo

secundário com valor mínimo de 2,5m e recuo lateral com valor derivado da relação R= (0,4 x H) /2, conforme indicação do plano em questão.

Assim, em lotes de esquina, a aplicação de recuo secundário aliada a localização da edificação no alinhamento predial adequa-se ao envelope solar gerado que considerou, não somente os limites do lote, mas também as calçadas e a via de rolamento frontais ao lote, já que são áreas desobstruídas à radiação solar, e garantindo assim, o direito ao sol às residências.

O III PDP, em sua regra geral sugere por meio de seus índices urbanísticos e alturas máximas, a proposta de uma cidade horizontal com incentivo a ocupação dos lotes, uma vez que isenta a obrigatoriedade de recuos laterais e propõe uma taxa de ocupação de 70%. No entanto, a análise concluiu que, para os lotes grandes, ainda que se aplique o recuo de ajardinamento de 4m, os recuo laterais nas suas duas divisas e o recuo de fundos de 3m, não se assegura o direito ao sol às edificações.

Sobre o II PDP:

Constatou-se que, quando aplicados os máximos índices urbanísticos propostos pelo II PDP, em edificações com 2 pavimentos, em lotes grandes e de esquina, os modelos de simulação apresentaram desempenho, em relação ao envelope solar, que variaram de bom (1% a 10% do volume excedente da edificação ao envelope solar) a excelente (< 1%), garantindo os direitos solares às edificações.

Foi observado que a aplicação de recuo lateral em pelo menos uma das divisas do lote, com valor superior ao mínimo recomendado pelo plano, na melhor orientação solar, assegura a garantia do direito ao sol das edificações. Essa premissa também é válida para combinação de recuo de ajardinamento e lateral nas duas divisas, desde que uma delas, a de melhor orientação solar, ofereça maior recuo do que o mínimo de 2,5m.

Edificações com altura de 12m prevista no II PDP, que apresentem recuo lateral nas duas divisas, obedecendo o mesmo critério de aumento do afastamento na melhor orientação solar, gerou um bom resultado na garantia do acesso solar.

O estudo concluiu que o recuo lateral exigido pelo II PDP, em apenas uma ou nas duas divisas do lote, na medida correspondente a ¼ da testada do lote ou 2,5m no mínimo, não garantia os direitos solares das edificações no II PDP.

Sobre o I PDP:

A análise constatou que quando aplicados os máximos índices propostos pelo I PDP, edificações com altura de 6m, recuos mínimos, posicionadas em lotes de esquina apresentaram desempenho excelente em relação aos limites impostos pelo envelope solar, caracterizando a garantia dos direitos solares das edificações.

Em relação ao lote pequeno, a situação mais favorável ocorreu apenas para volumes edificados com altura de 6m, quando o modelo simulado teve aplicado o recuo de ajardinamento, ocupou toda a testada do lote e teve aumentado o recuo de fundos, para a garantia da obtenção da taxa de ocupação máxima de 50%. Entretanto, o desempenho do modelo mostrou-se apenas razoável em relação a garantia do direito ao sol.

Para as alturas máximas de 12m, os modelos apresentaram desempenho variável, de bom a razoável, nos lotes grandes e de esquina, ainda que se houvesse aplicado recuo lateral nas duas divisas, com valor superior ao mínimo recomendado na divisa com melhor orientação solar. O desempenho excelente para modelos de simulação com volume edificado de 12m, ocorreu em apenas uma situação, no lote de esquina e com a aplicação dos recuos mínimos obrigatórios. Esse resultado se deve ao maior volume de envelope solar que, extrapolando os limites do lote, englobou áreas das vias frontais ao lote, desobstruídas à radiação solar.

A análise demonstrou que edifícios em altura (24m), previstos nesse plano, tiveram resultado razoável quando posicionados na esquina, na maioria dos casos, com aplicação de recuos mínimos propostos pelo plano e recuo lateral superior ao mínimo na divisa com melhor orientação solar. Dessa forma, constatou-se que, se os valores para os recuos mínimos fossem maiores, o desempenho de uma edificação com 8 pavimentos frente ao acesso solar, seria melhor.

Assim o estudo concluiu sobre os planos diretores e o acesso sol que os desempenhos excelentes foram obtidos para:

Edificações com altura máxima de 6m, localizadas em lotes grandes e de esquina, quando aplicados os máximos índices propostos pelo II PDP. Da mesma forma, edificações com altura máxima de 6m, localizadas na esquina, quando aplicados os máximos índices previstos pelo I PDP.

Edificações com altura de 12m, com aplicação dos máximos índices propostos pelo I PDP localizadas em lotes de esquina, com a aplicação dos recuos mínimos obrigatórios.

Sobre a evolução do direito ao sol:

A observação sobre a evolução dos índices urbanísticos nos planos diretores de Pelotas – RS demonstrou que, de um modo geral, o I e o II PDP tiveram um bom desempenho em relação ao envelope solar, obtendo resultados excelentes nos lotes de esquina.

Entretanto, não se verificou na evolução da legislação urbanística da cidade a garantia do “Direito ao Sol” das edificações, principalmente quando se inclui o III Plano Diretor de Pelotas o qual apresentou piores resultados em relação aos demais.

Sobre o método Envelope Solar:

Quanto à potencialidade do método Envelope Solar, verificou-se que a geração dos envelopes com o uso dos programas Rhinoceros e Diva, é na maioria dos casos, simples e rápida, embora exija prévios conhecimentos de ferramentas de modelagem tridimensional. O estudo demonstrou que o método pode ser aplicado para a definição de índices urbanísticos que assegurem o acesso solar. Entretanto, é importante que sejam observados critérios como: horários do dia em que se deseja sol e nível de sombreamento desejado no entorno e áreas abertas, para que se tenha acesso solar nos melhores horários de insolação, buscando adequar o método a diferentes situações de necessidades e de legislação urbana.

Sobre as alternativas de projeto que poderiam contribuir para a garantia de acesso solar das edificações:

A implantação de recuo lateral em pelo menos uma das divisas, na melhor orientação solar com valores superiores a 2,50m são fundamentais para assegurar o nível mínimo recomendado de insolação em mais de uma fachada durante o ano inteiro, e assim, garantir melhores condições de conforto para as habitações e espaços adjacentes.

Outra estratégia de projeto que permitiria a melhoria da qualidade ambiental, é reservar a implantação de edifícios residenciais com alturas superiores a 2 pavimentos, nos lotes de esquina.

Embora as condiçoes de conforto térmico das habitações sejam passíveis de garantia através das legislações urbanísticas dos municípios, ainda que de forma implícita, através da determinação dos indices urbanísticos, isso não assegura a todas as habitações, o direito garantido do nível mínimo de acesso ao sol no interior das residencias.

A partir destas constatações, este estudo aponta a necessidade de uma revisão ou adaptação da legislação urbanística em vigor afim de proporcionar a garantia das condições de controle e acesso solar aos lotes destinados à habitação, uma vez que em ultima análise, estas condições se refletem no conforto e habitabilidade que as edificações proporcionam aos usuários, e no consumo energético das construções.

5.1 Limitações do trabalho

Esse estudo baseou-se em modelos de simulação que consideraram índices urbanísticos máximos em sua configuração, não considerando a quadra como um todo, já que os três modelos de lote foram analisados de forma isolada. Obviamente que as conclusões se referem a esse modelo teórico, de ocupação máxima, poucas vezes condizente com a realidade encontrada nas cidades, já que uma zona residencial tarda um tempo em se consolidar, e durante esse tempo, variações na legislação acabam produzindo falta de uniformidade nas características edificatórias da zona.

Outra limitação encontrada neste trabalho, foi a dificuldade na comparação de modelos de simulação de edifícios em altura (8 pavimentos), uma vez que, nas zonas residenciais estudadas, esta altura só foi permitida durante a vigência do I PDP e em apenas duas zonas residenciais (ZR1 e ZR3), não permitindo uma observação evolutiva da legislação urbanística do I para o II PDP. Situação semelhante, foi encontrada também com os modelos de simulação com altura de 12m na ZR3, já que o II PDP limitava a altura máxima em 2 pavimentos nessa zona residencial.

5.2 Sugestão de futuras investigações

Este trabalho de dissertação cumpriu com seus objetivos, concluindo a necessidade de uma revisão da legislação urbanística em vigor, visando a garantia das condições de controle e acesso solar, através da proposição de instrumento de análise e alternativas de projeto que assegurem o direito ao sol das edificações. Assim, outras pesquisas poderão ser realizadas a partir daqui, contribuindo para que as habitações tenham assegurado o respeito e a garantia do direito ao sol.

Sugere-se como pesquisa futura, dentro desta linha de investigação, a proposta de definição de envelopes solares apropriados para as situações da cidade real, com enfoque no parcelamento do solo e suas alternativas construtivas, com vistas a definição de índices urbanísticos específicos que contemplem a garantia do direito ao sol nos lotes residenciais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUCHAIM, Maria Rheingantz. **Plano Diretor e Sustentabilidade Urbana: O III Plano Diretor de Pelotas, Lei 5502/08 Tomo I.** Pelotas, 2012. Dissertação. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

ALMEIDA, Liciane Machado; BASTOS, Michele de Souza. **A experiência da cidade de Pelotas no processo de preservação patrimonial**. Revista CPC – Centro de Preservação Cultural da Universidade de Sao Paulo, São Paulo, v.1, n.2, p.96-118, maio/out. 2006

AROZTEGUI, J.M. **Método para projeto e avaliação de para-sóis externos, visando à otimização do seu desempenho térmico para um clima dado.** Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. (Caderno Técnico, CT 17/80)

ASSIS, Eleonora Sad de; VALLADARES, Victor Mourthé; SOUZA, Roberta V. G. de. **Bases para a determinação dos recuos e volumetria dos edifícios considerando a insolação e a iluminação natural, na revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte, MG**. In ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, Gramado, 1995. *Anais*... Porto Alegre: ANTAC, 1995. 511-516.

ASSIS, Eleonora Sad de; SOUZA, R.V.G.; RAMOS, J.G.L.; COIMBRA, V.B.C.; COSTA, S.A.P. **Integração do conceito de envelope solar na legislação urbana para economia de energia no setor residencial.** In II CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, Vitória, 2007. *Anais*...Vitória: ABEE, 2007. 1-8.

BRASIL. Estatuto da cidade: Lei 10.257/2001. Brasília, Câmara dos Deputados, 2001, 1ª Edição.

BROWN, G.Z; DEKAY, M. **Sol, Vento e Luz (recurso eletrônico). Estratégias para o projeto de Arquitetura.** 2 ª edição – Dados eletrônicos. Porto Alegre: Bookman, 2007.

CAPELUTO, G.; YEZIORO, A.; BLEIBERG, T.; SHAVIV, E. ***From computer models to simple design tools: solar rights in the design of urban streets*.** Ninth International IBPSA Conference. Montreal. Canadá.2005.

CHENG, V.; STEEMERS, K.; MONTAVON, M.; COMPAGNON, R. ***Urban form, density and solar potential*.** PLEA2006 – The 23 rd Conference on passive and low energy architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.

CIAM. Carta de Atenas, Atenas: 1933.

COSTA, M.I.M.M. **Cidade e desenho de luz/sombra**. Dissertação. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

CHENG, V.; STEEMERS, K.; MONTAVON, M.; COMPAGNON, R. ***Urban form, density and solar potential.*** PLEA2006 – *The 23 rd Conference on passive and low energy architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006*.

DUFFY, J.F; CZEISLER, C.A. ***Effect of light on human circadian physiology.*** US National Library of Medicine National Institutes of Health. Sleep Med Clin. 2009 Jun. 4(2): 165-177.NHPA Manuscripts. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2717723/?report=classic.Acesso em: 10/02/2015

ESPÍ, Mariano V. ***Una brevísima historia de la arquitectura solar.*** Madrid. España. Instituto Juan de Herrera. 1999.

GRONFIER, C.; WRIGHT, K. P.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. ***Entrainment of the human circadian pacemaker to longer-than-24h days***. Neuroscience, v. 104, n. 21, p. 9081-9086, may 2007. In MARTAU, B.T. **A luz além da visão: iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping centers em Porto Alegre.** Campinas, 2009. Tese. Universidade Estadual de Campinas. Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

KNOWLES, Ralph L. ***Energy and Form – An Ecological Approach to Urban Growth***. The Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 1974.

KNOWLES, R. L.; BERRY, R.D. ***Solar envelope concepts: moderate density building applications.*** SERI/SP- 98155-1, Golden, Colorado. *Solar energy research institute*. 1980.

KNOWLES, R.L. ***Sun Rhythm Form*****.** MIT Press, Cambridge, MA, 1981.

KNOWLES, R.L. ***The solar envelope: its meaning for energy and buildings*****.** *Energy and buildings, Los Angeles*. v. 35, p. 15-25, 2003 Elsevier Science B.V

LARANJA, A.C; GAZZANEO, L.M; CABÚS, R.C**. Regulamentações urbanas e edílicas: Considerações sob o aspecto da iluminação natural em ambientes internos.** In X ENCONTRO NACIONAL E VI LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC, Natal, 2009.

LEAL, L.Q.; MARTINS, L.H.A.; LIMA, E.F.C., LEDER, S.M. **Planejamento urbano e o acesso à luz natural: O caso de um recorte urbano na cidade de João Pessoa, PB.** Encontro Latinoamericano de edificações e comunidades sustentáveis. ELECS. Curitiba – PR. 2013.

LEAL, R.A. **A higiene pública na antiga Roma.** Revista do Dept. de águas e esgoto da Secretaria da Viação e Obras Públicas de São Paulo. DAE. Ed. 29. 1988.

LECHNER, N. ***Heating, Cooling, Lighting – Design Methods for Architects****. New York: John Wiley & Sons,* 1990.

LEDER, S.M.; PEREIRA, F.O.R.; CLARO, A.; RAMOS, M.G. **Análise da legislação urbanística através de critérios de insolação e luz natural.** XI Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído. ENTAC 2006. Florianópolis, SC.

LEDER, S.M. **Ocupação urbana e luz natural: Proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para a garantia da disponibilidade da luz natural.** Florianópolis, 2007. Tese. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. UFSC.

LEDER, S.M.; PEREIRA, F.O.R. **Ocupação urbana e disponibilidade de luz natural.** Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia, São Carlos – SP, vol. 5, n.2, Jul./ Dez. 2008.

LEMOS, Carlos. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo: Estúdio Nobel, 1989.

LINS, A.E.B.; SONZA, D.; ELY, V.H.M.B. **Simulações em malhas urbanas para um desenvolvimento urbano sustentável: aplicando o envelope solar.** V Encontro nacional e III Encontro Latino – Americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis. ELECS. Recife. 2009.

MARTINS, Tathiane A.L. **De condicionantes solares à oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical.** Rio de Janeiro, 2014. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MARTAU, B.T. **A luz além da visão: Iluminação e sua relação com a saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e de shopping centers em Porto Alegre.** Campinas, 2009. Tese. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. UNICAMP.

MASCARÓ, L. R. **Luz Clima e Arquitetura**. Porto Alegre: Edições Técnicas. 1981.

NG, Edward. ***A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computacional simulation.*** *Ninth International IBPSA Conference. Montréal, Canada. 2005.*

OBOLENSKY, N. V.; KORZIN, O. A. ***Insolation and sun control in the field of construction: the progressive ways of their normalization and regulation***. In: CIB SYMPOSIUM IN BUILDING CLIMATOLOGY, 1982, Moscou. Proceedings ..., Moscou: CIB, p. 498-520.

PELOTAS, RS. Lei 1672/68, I Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, 1968.

PELOTAS, RS. Lei 6525/80, II Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, 1980.

PELOTAS, RS. Lei 5502/08, III Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, 2008.

PEREIRA, F. O. R. **Uma metodologia para indicações de ocupação do ambiente urbano: controle de obstrução do sol e da abóbada celeste**. Florianópolis, 1994. 66p. Monografia para Concurso de Professor Titular – Dep. Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

PEREIRA, F. O. R.; SILVA, C. A. N. **Proposta de sistemática de uso em planejamento urbano do envelope solar como forma de controle da ocupação do solo urbano em função da insolação.** Florianópolis, 1997. LabCon – Departamento de Arquitetura e Urbanismo – CTC – UFSC.

PÉREZ, Denis R. C. **O envelope solar e o direito ao sol.** Campinas, 2007. Dissertação. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP.

PÉREZ, Denis; FÁVERO, Édison. **O envelope solar como instrumento de regulamentação do direito de acesso ao sol: estudo de casos na cidade de Campinas – SP, Brasil.** Campinas, 2008. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

ROLNIK, Raquel. **A cidade e a lei. Legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo**. Studio Nobel. São Paulo. 1997. 242 p.

RULE, T. A. ***Solar, Wind and Land: Conflicts in renewable energy development.*** Routledge. London. 2014.

SANTA CATHARINA, Roberta Taborda. **Ordenanças urbanas e ideia de cidade: o primeiro e o segundo plano diretor de Pelotas e os temas de urbanismo do século XX.** Pelotas, 2012. Dissertação. Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

SANTOS, Carlos Alberto Ávila. **Influencias francesas na organização dos espaços verdes de Pelotas e nos edifícios da cidade: 1870-1931**, Revista da Faculdade de Direito - JURIS, Rio Grande,17: 153-173, 2012.

SCALCO, V.A.; PEREIRA, F.O.R.; RIGATTI, D. **Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação.** Ambiente construído, Porto Alegre, v. 10, n.2, p. 171-187, abr./jun. 2010

SHAVIV, E.; YEZIORO A.; CAPELUTO, G. ***Sun and winds in a new business district in Tel Aviv*.** Seventh International IBPSA Conference. Rio de Janeiro, RJ. 2001.

SHAVIV, E.; CAPELUTO, G. ***Modeling the design of Urban fabric with Solar Rights considerations, Solar Energy,*** Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, v.70, Issue 3, p. 275-280, 2001.

SONZA, D.; LINS, A.E.B.; ELY, V.H.M.B. **Simulações em malhas urbanas: Projeções de crescimento com foco na insolação.** 4° Congresso Luso-Brasileiro

para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável - Pluris Universidade do Algarve. Faro-Portugal. 2010.

SOUZA, R.V.G; CAPUTE, B.N; CERQUEIRA, L.M; TEIXEIRA, M.C.V; ASSIS, E.S; GROSH, J.L. **Diretrizes de conforto ambiental aplicadas na legislação urbana de cidades mineiras.** In IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC, Ouro Preto, 2007.

TAMURA, Cíntia A. **Análise da influência dos parâmetros edilícios na obtenção de acesso solar nas zonas residenciais de Curitiba.** Curitiba, 2010. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TOPALOGLU, Birol. ***Solar envelope and form generation in architecture.*** Ankara – Turkiye, 2003. Thesis. Graduate School of natural and applied sciences of the middle east technical university – METU.

TREGENZA, P.; WILSON, M. ***Daylighting – Architecture and Lighting Design.*** Editora: Routledge: New York, NY. 2011.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. 2ª Edição. São Paulo, SP: Geros s/c Ltda, 2001. 376p

VIANNA, Saionara; SILVA, Mariana; CORREA, Celina. **Verificação do "Direito ao Sol" na legislação urbanística de Pelotas – RS, estudo piloto para uma quadra residencial no Bairro Areal.** Pelotas, 2015. XVII ENPOS – Encontro de Pós-Graduação UFPEL.

Apêndices

(APÊNDICE A)

I. RESULTADOS OBTIDOS NA ZONA RESIDENCIAL 1 ATRAVÉS DA ANÁLISE DO I e II PDP

ANÁLISE DO I E II PDP, LEIS 1672/68 E 2565/80 RESPECTIVAMENTE PARA VOLUMES EDIFICADOS COM ALTURA H= H=6m;12m e 24m.

1. Índices urbanísticos propostos pelo I e II Plano Diretor de Pelotas - RS

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 1672/68 (I PDP)	4m	1m para cada pavimento acima dos 24m	Mínimo de 2,5m em cada divisa	3,5m (exceto quando ocupado por garagens até 6m de altura)	O recuo lateral e de fundos não será exigido até altura de 6m em caso de residência unifamiliar.	Permitida aturas acima de 24m.	Variáveis entre 20 e 16m	50%	4

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 2565/80 (II PDP)	4m	-	L/4 Mínimo de 2,5m em pelo menos uma das divisas	P/10 Mínimo de 2,5m	-	H=12m ou 4 pavimentos	Variáveis entre 9,60m e 14,40m	66,6%	2

2. Lotes Analisados

Ítem	Lote	Dimensão do lote	Orientação	Altura edificada	Plano Diretor Analisado
a)	P	(5,50m x 46,00m)	Nordeste	6m	I e II
b)	G	(18,40m x 47,40m)	Noroeste	6m,12m e 24m	
c)	E	(18,60m x 22,40m)	Sudeste	6m,12m e 24m	

3. Localização dos lotes no quarteirão

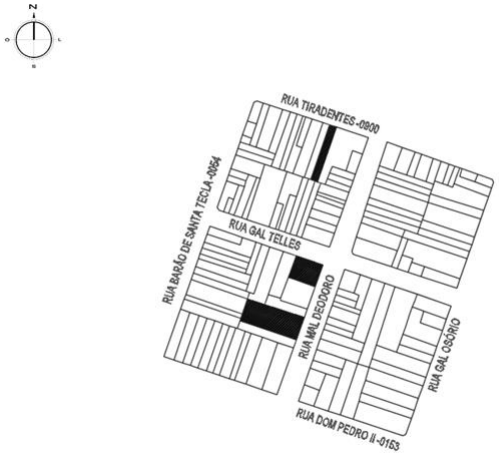


Figura 01 – Recorte urbano da ZR1 / lotes analisados
Fonte: autora, 2016

4. Resultados obtidos para o lote P

a) H=6m

4.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote P, para altura edificada H=6m, temos:

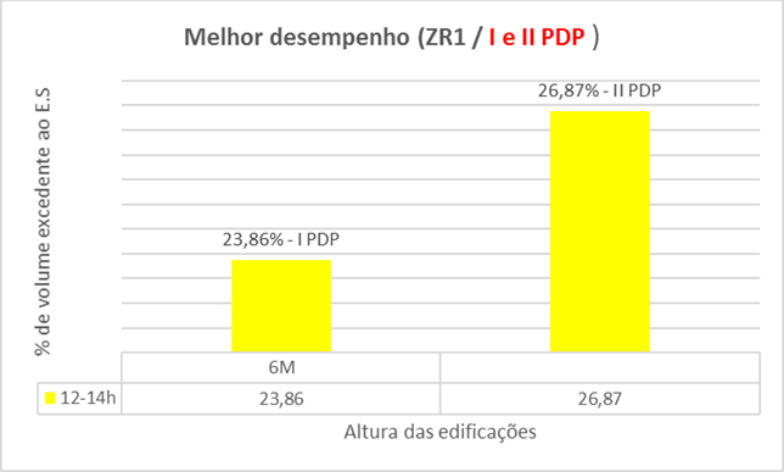
	RECUOS					LOTE P (Testada menor 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		isento	19,00		253	50%	126,5	4	8
II PDP	4,00		2,50	4,60		253	66,6	168,5	2	3

5. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote P			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol[18]
I	50	6	23,86	12-14 h
II	66,6	6	26,87	12-14h

6. Gráficos de desempenho

6.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote P.



7. Resultados obtidos para o lote G

b) LOTE G – H=6m; H=12m e H=24m

7.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=6m temos:

[18] Período em que as edificações têm menor percentual de volume edificado excedente ao envelope solar.

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		isento	20,00		872,2	50	436,1	4	8
II PDP	4,00		*	12,60		872,2	66,6	580,88	2	3

* Dispensado em residências unifamiliares que não se situem em lote de esquina (Art. 65 - 1° parágrafo - c)

7.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=12m temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	LAT.	FUN.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,50	5,17	3,5	872,2	50	436,1	4	8
II PDP	4,00		2,50	2,50	5,0	872,2	66,6	580,88	2	3

7.3 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=24m temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	LAT.	FUN.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,5	5,17	3,5	872,2	50	436,1	4	8

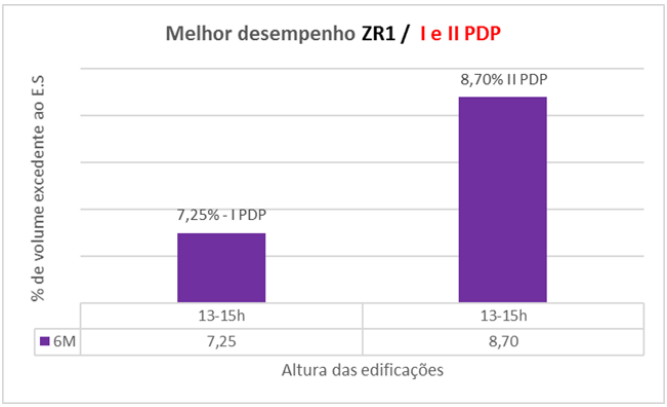
8. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote G				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente (%)	E.S	Melhor horário de acesso ao sol
I	50	6	7,25		13-15 h
II	66,60	6	8,70		13-15h
I	50	12	19,82		9-11h
II	66,60	12	28,24		9-11h
I	50	24	55,55		13-15h

9. Gráficos de desempenho

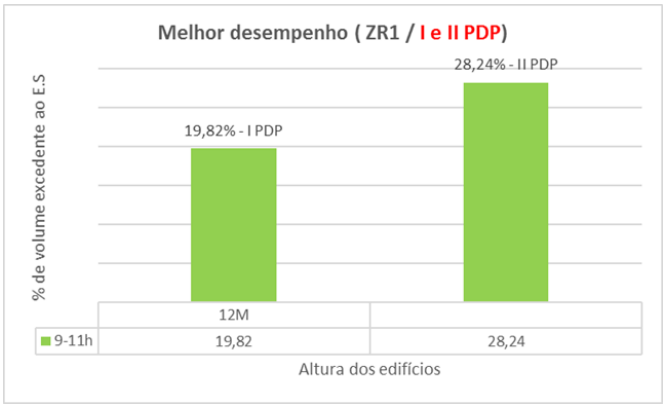
9.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote G.

H=6m



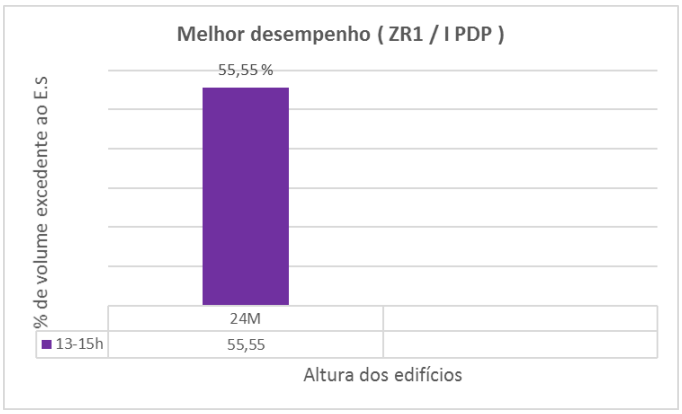
9.2 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 12m para um lote G.

H=12m



9.3 Gráfico de desempenho do I PDP para o volume edificado com altura de 24m para um lote G.

H=24m



10. Resultados obtidos para o lote E

c) LOTE E – H=6m; H=12m e H=24m

10.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote E, para altura edificada H=6m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,5**	3,50	Recuo sec.= 2,0	416,6	50	208,3	4	8
II PDP	4,00		2,50	2,50		416,6	66,6	277,45	2	3
** Conforme Art. 65 / 2° parágrafo										

10.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote E, para altura edificada H=12m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,50	3,50	Recuo sec.= 2,0	416,6	50	208,3	4	8
II PDP	4,00		na divisa	2,50	Recuo sec.= 2,0	416,6	66,6	277,45	2	3

10.3 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote E, para altura edificada H=24m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,50	3,50	Recuo sec.= 2,0	416,6	50	208,3	4	8

11. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

Lote ESQUINA				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
I	50	6	0	13-15 h
II	66,60	6	0	13-15 / 12-14h
I	50	12	0,15	10-12h
II	66,60	12	5,39	12-14h
I	50	24	19,75	11-13h

12. Gráficos de desempenho

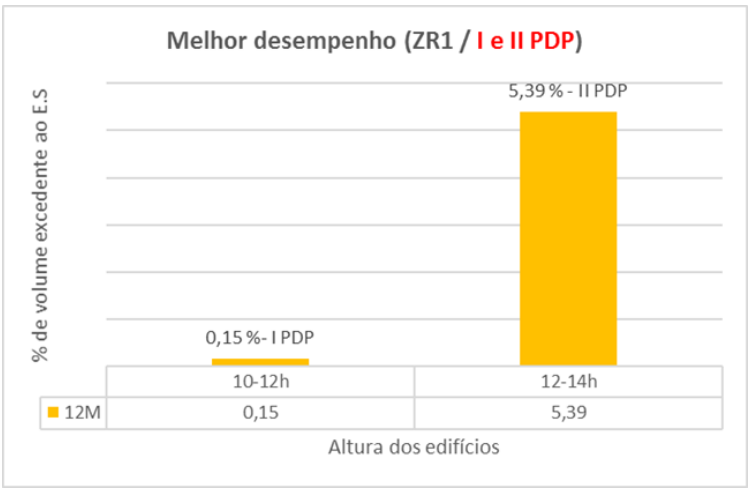
12.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote E.

H=6m

Não houve volume edificado excedente ao Envelope Solar para uma edificação com altura de 6m em um lote de esquina no **I PDP** no horário entre 13-15h.
No **II PDP**, ocorreu o mesmo nos horários de 12-14h e 13-15h.

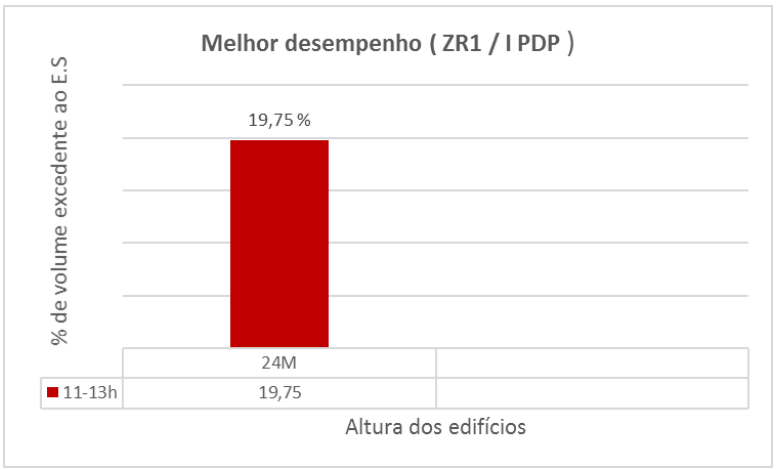
12.2 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 12m para um lote E.

H=12m



12.3 Gráfico de desempenho do I PDP para o volume edificado com altura de 24m para um lote E.

H=24m



II. RESULTADOS OBTIDOS NA ZONA RESIDENCIAL 1 ATRAVÉS DA ANÁLISE DO III PDP

ANÁLISE DO III PDP, POSICIONANDO O VOLUME EDIFICADO NO ALINHAMENTO PREDIAL E RECUANDO 4M, CONFORME ART. 123 DA LEI 5502/08 PARA ALTURAS DE H=10m e 13m.

1. Índices urbanísticos propostos pelo III PDP

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 5502/08 (III PDP)	4m	-	Isentos	Mínimo de 3m	O recuo de ajardinamento, poderá ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato no caso de evidenciar-se, no raio de 100m a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial	H=10m	Variáveis entre 16m e 18m	70%	-
	4m	-	R = (0,4 X H) /2, em ambos os lados	R= (0,4 X H) / 2, em ambos os lados	Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, será permitida edificações com 13m de altura, desde que possua testada igual ou superior a 12m	H=13m	Variáveis entre 16m e 18m	70%	-

2. Lotes Analisados

Ítem	Lote	Dimensão do lote	Altura edificada	Orientação	Plano Diretor Analisado
d)	P	(5,50m x 46,00m)	10m	Nordeste	III
e)	G	(18,40m x 47,40m)	10m e 13m	Noroeste	
f)	E	(18,60m x 22,40m)	10m e 13m	Sudeste	

3. Localização no quarteirão

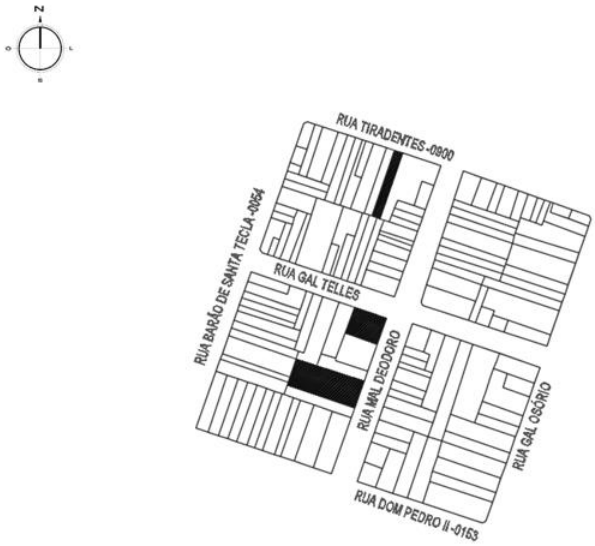


Figura 01 – Recorte urbano da ZR1 / Lote P
Fonte: autora, 2016

4. Resultados obtidos para o lote P

d) H=10m

4.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote P para altura edificada H=10m, temos:

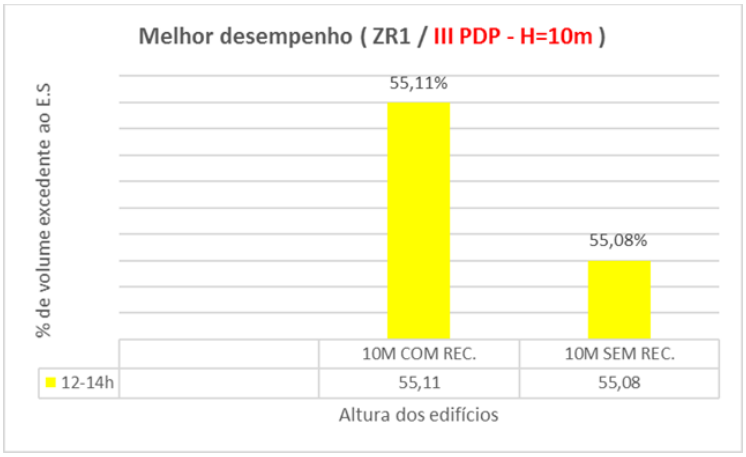
	RECUOS					LOTE P (Testada menor 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			9,80						
III PDP	***			13,80		235	70%	177,1		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

5. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

	Lote P			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/ rec. ajard.	55,11	12-14 h
III	70	10 s/ rec. ajard.	55,08	12-14

6. Gráficos de desempenho

6.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote P (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)



7. Resultados obtidos para o lote G

e) H=10m; H=13m

7.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote G para altura edificada H=10m, temos:

PLANO DIRETOR	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			11,00						
III PDP	***			15,00		872,2	70%	610,54		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

7.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote G para altura edificada H=13m, temos:

PLANO DIRETOR	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
	AJARD.	FRO.	LAT.	LAT.	FUN.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00		2,80	2,60	11,00					
III PDP	***		2,60	2,60	15,00	872,2	70%	610,54		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

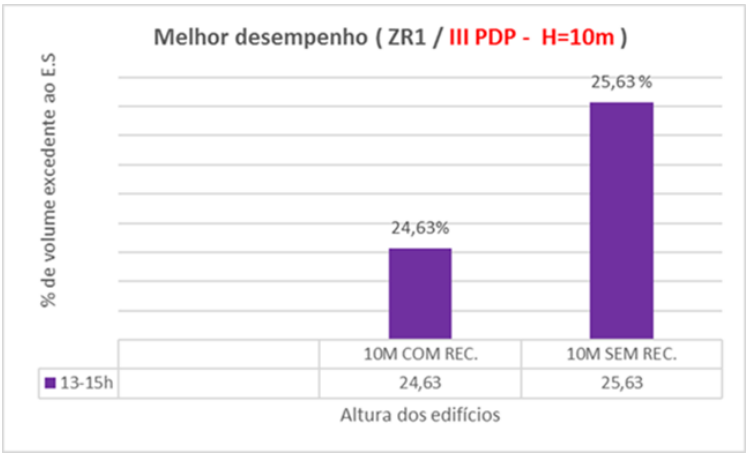
8. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

	Lote G			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/ rec. ajard.	24,63	13-15 h
III	70	10 s/ rec. ajard.	29,14	9-11 h
III	70	13 c/ rec. ajard.	33,26	13-15h
III	70	13 s/ rec. ajard.	28,90	9-11h

9. Gráficos de desempenho

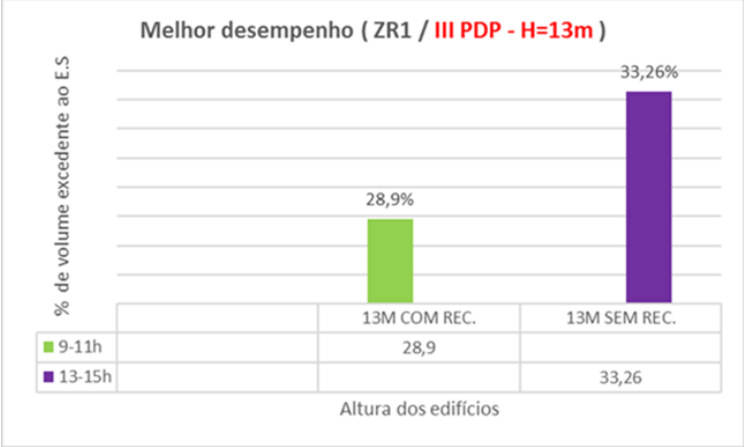
9.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote G (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=10m



9.2 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 13m para um lote G (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=13m



10. Resultados obtidos para o lote E

f) H=10m; H=13m

10.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote E, para altura edificada H=10m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	SEC.****	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			3,00	2,50					
III PDP	***			3,00	2,50	416,6	70%	291,62		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										
**** Conforme Art. 124 § 2°										

10.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote E, para altura edificada H=13m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	SEC.****	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00		2,60	2,60	2,50					
III PDP	***		2,60	2,60	2,50	416,6	70%	291,62		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										
**** Conforme Art. 124 § 2°										

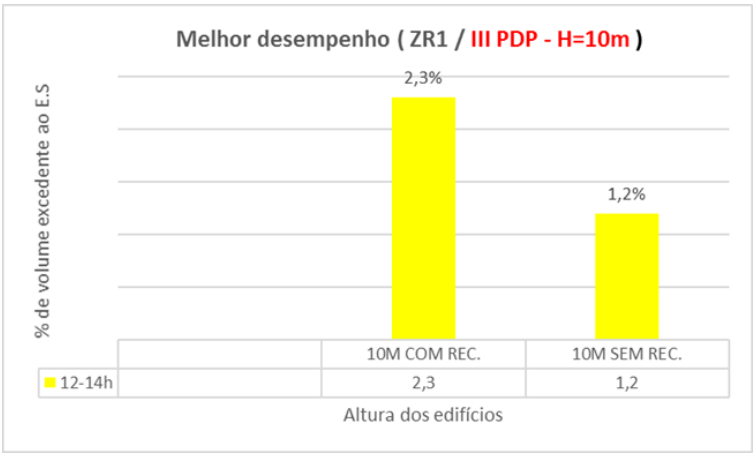
11. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

Lote ESQUINA				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/rec.ajard.	2,31	12-14h
III	70	10 s/rec.ajard.	1,08	11-13h
III	70	13 c/rec.ajard.	11,01	12-14h
III	70	13 s/rec.ajard.	4,21	9-11h

12. Gráficos de desempenho

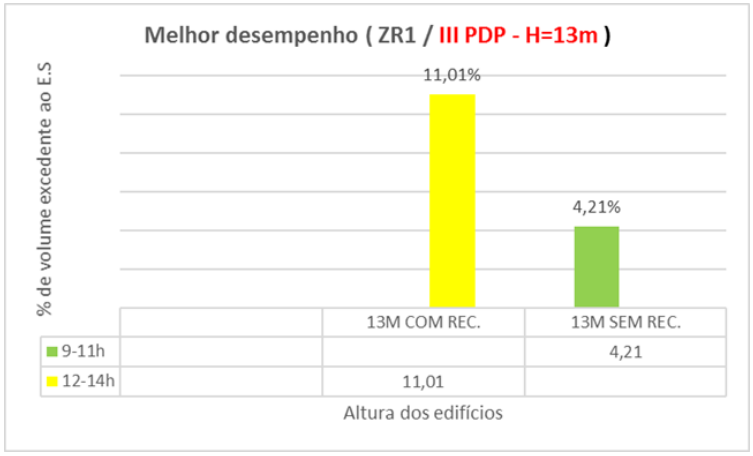
12.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote E (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=10m



12.2 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 13m para um lote E (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=13m



(APÊNDICE B)

I. RESULTADOS OBTIDOS NA ZONA RESIDENCIAL 2 ATRAVÉS DA ANÁLISE DO I e II PDP

ANÁLISE DO I E II PDP, LEIS 1672/68 E 2565/80 RESPECTIVAMENTE PARA VOLUMES EDIFICADOS COM ALTURA H=6m e 12m

1. Índices urbanísticos propostos pelo I e II Plano Diretor de Pelotas - RS

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 1672/68 (I PDP)	4m	1m para cada pavimento acima dos 12m	Mínimo de 2,5m em cada divisa	3,5m (exceto quando ocupado por garagens até 6m de altura)	O recuo lateral e de fundos não será exigido até altura de 6m em caso de residência unifamiliar.	Permitida aturas acima de 12m.	Variáveis entre 20 e 16m	50%	2

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 2565/80 (II PDP)	4m	-	L/4 Mínimo de 2,5m em pelo menos uma das divisas	P/10 Mínimo de 2,5m	-	H=12m ou 4 pavimentos	Variáveis entre 9,60m e 14,40m	66,6%	2

2. Lotes Analisados

Ítem	Lote	Dimensão do lote	Altura edificada	Orientação	Plano Diretor Analisado
a)	P	(4,80m x 44,70m)	6m	Sudeste	I e II
b)	G	(21,10 x 41,30m)	6m e 12m	Sudeste	
c)	E	(29,20m x 39,20m)	6m e12m	Noroeste	

3. Localização dos lotes no quarteirão

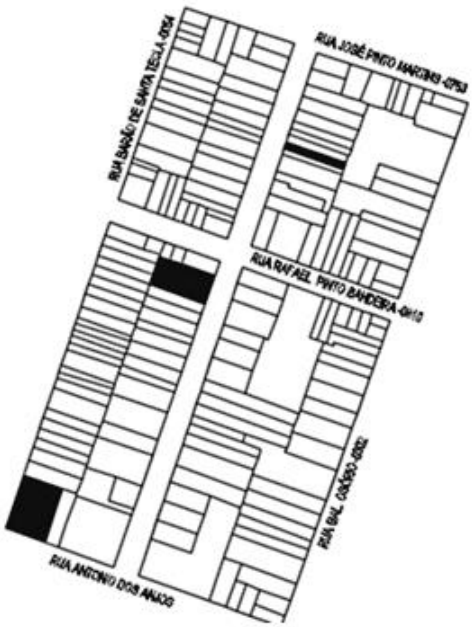


Figura 01 – Recorte urbano da ZR2 / lotes analisados
Fonte: autora, 2016

4. Resultados obtidos para o lote P

a) H=6m

4.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote P, para altura edificada H=6m, temos:

	RECUOS					LOTE P (Testada menor 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		isento	18,40		215	50%	107,5	2	4
II PDP	4,00		2,50	4,50		215	66,6	143,19	2	3

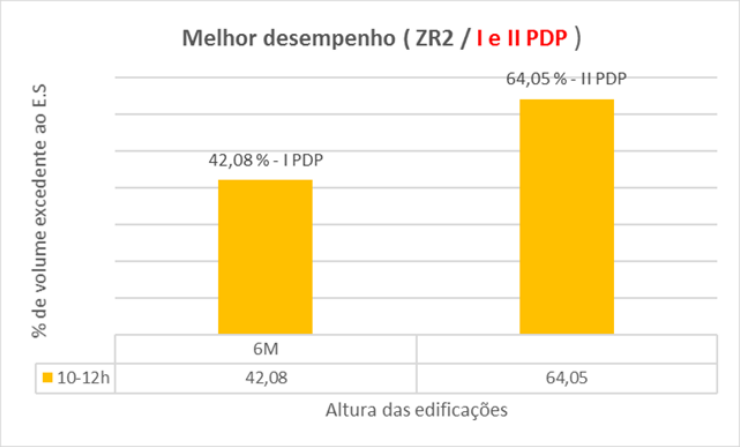
5. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote P			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol[19]
I	50	6	42,08	10-12 h
II	66,6	6	64,05	10-12h

[19] Período em que as edificações têm menor percentual de volume edificado excedente ao envelope solar.

6. Gráficos de desempenho

6.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote P



7. Resultados obtidos para o lote G

b) LOTE G – H=6m e H=12m

7.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=6m temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		isento	16,70		871,43	50	435,71	2	4
II PDP	4,00		5,30	4,10		871,43	66,6	580,37	2	3

7.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=12m temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	LAT.	FUN.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,50	6,30	3,5	871,43	50	435,71	2	4
II PDP	4,00		5,30	na divisa	4,1	871,43	66,6	580,37	2	3

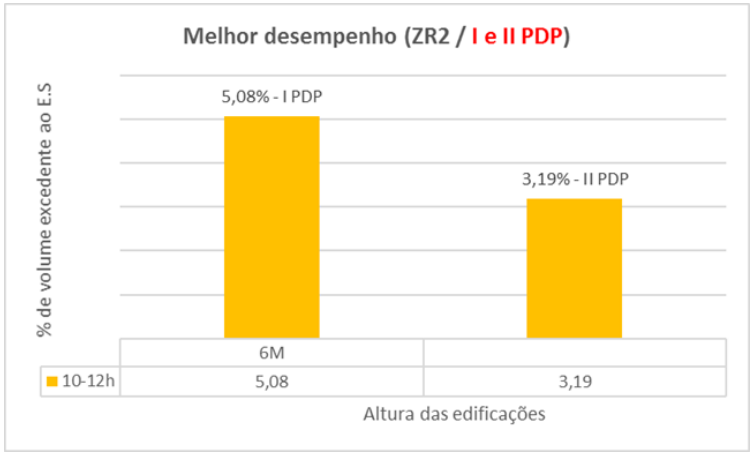
8. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote G				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente (%)	E.S	Melhor horário de acesso ao sol
I	50	6	5,08		10-12 h
II	66,60	6	3,19		10-12h
I	50	12	11,07		9-11h
II	66,60	12	29,84		10-12h

9. Gráficos de desempenho

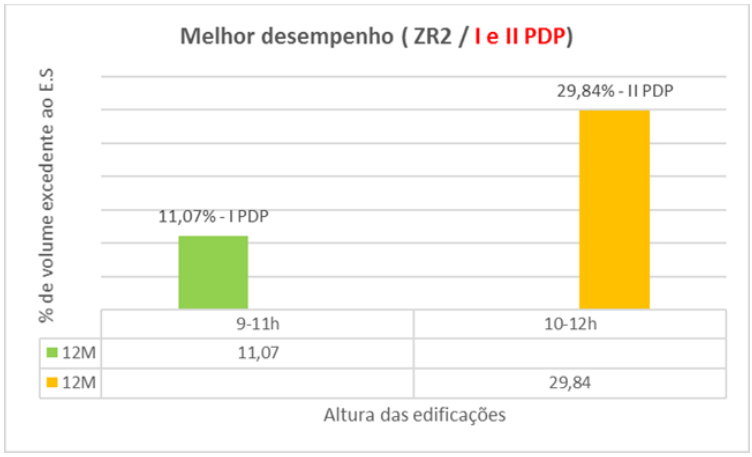
9.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote G.

H=6m



9.2 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 12m para um lote G.

H=12m



10. Resultados obtidos para o lote E

c) LOTE E – H=6m e H=12m

10.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote E, para altura edificada H=6m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		na divisa	11,90	Recuo sec.= 2,0	1416,3	50	573,15	2	5
II PDP	4,00		7,31**	3,92		1416,3	66,6	943,25	2	3
** Conforme Art. 65 / 2° parágrafo										

10.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote E, para altura edificada H=12m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,50	3,64	Recuo sec.= 2,0	1416,3	50	573,15	2	5
II PDP	4,00		7,31	3,92	Recuo sec.= 2,0	1416,3	66,6	943,25	2	3

11. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

Lote ESQUINA				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
I	50	6	0	9-11 h / 10-12h / 11-13h
II	66,60	6	0,28	10-12h
I	50	12	8,98	10-12h
II	66,60	12	3,84	10-12h

12. Gráficos de desempenho

12.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote E.

H=6m

Não houve volume edificado excedente ao Envelope Solar para uma edificação com altura de 6m em um lote de esquina no I PDP nos horários de 9-11h; 10-12h e 11-13h.
No II PDP para uma mesma edificação com altura de 6m houve um volume excedente ao E.S de apenas 0,28% no horário de 10-12h.

12.2 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 12m para um lote E.

H=12m

Não houve volume edificado excedente ao Envelope Solar para uma edificação com altura de 12m em um lote de esquina no I PDP no horário de 10-12h.
No II PDP para uma mesma edificação com altura de 12m houve um volume excedente ao E.S de apenas 3,84% no horário de 10-12h.

II. RESULTADOS OBTIDOS NA ZONA RESIDENCIAL 2 ATRAVÉS DA ANÁLISE DO III PDP

ANÁLISE DO III PDP, POSICIONANDO O VOLUME EDIFICADO NO ALINHAMENTO PREDIAL E RECUANDO 4M, CONFORME ART. 123 DA LEI 5502/08 PARA H=10m e 13m.

1. Índices urbanísticos propostos pelo III PDP

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 5502/08 (III PDP)	4m	-	Isentos	Mínimo de 3m	O recuo de ajardinamento, poderá ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato no caso de evidenciar-se, no raio de 100m a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial	H=10m	Variáveis entre 16m e 18m	70%	-
	4m	-	R = (0,4 X H) /2, em ambos os lados	R= (0,4 X H) / 2, em ambos os lados	Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, será permitida edificações com 13m de altura, desde que possua testada igual ou superior a 12m	H=13m	Variáveis entre 16m e 18m	70%	-

2. Lotes Analisados

Ítem	Lote	Dimensão do lote	Altura edificada	Orientação	Plano Diretor Analisado
d)	P	(4,80m x 44,70m)	10m	Sudeste	III
e)	G	(21,10m x 41,30m)	10m e 13m	Sudeste	
f)	E	(29,20m x 39,20m)	10m e 13m	Noroeste	

3. Localização no quarteirão

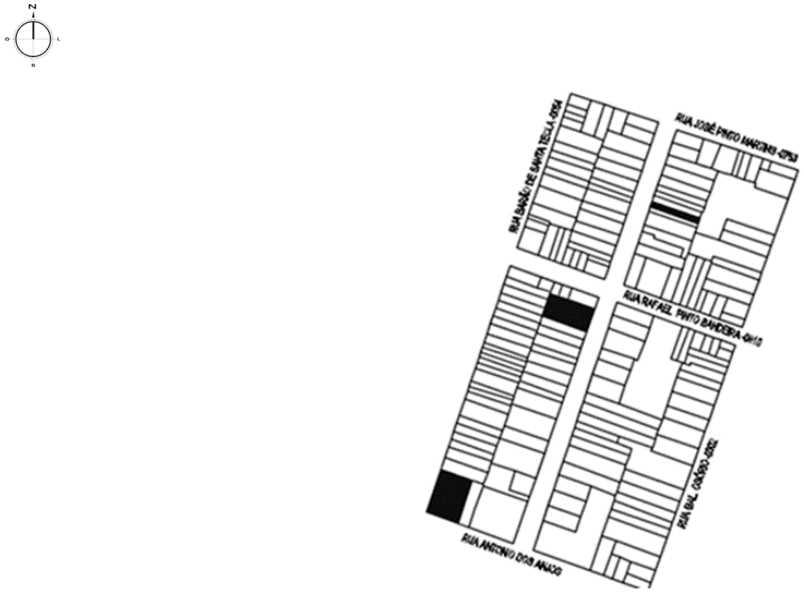


Figura 01 – Recorte urbano da ZR2 / Lotes analisados
Fonte: autora, 2016

4. Resultados obtidos para o lote P

d) H=10m

4.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote P para altura edificada H=10m, temos:

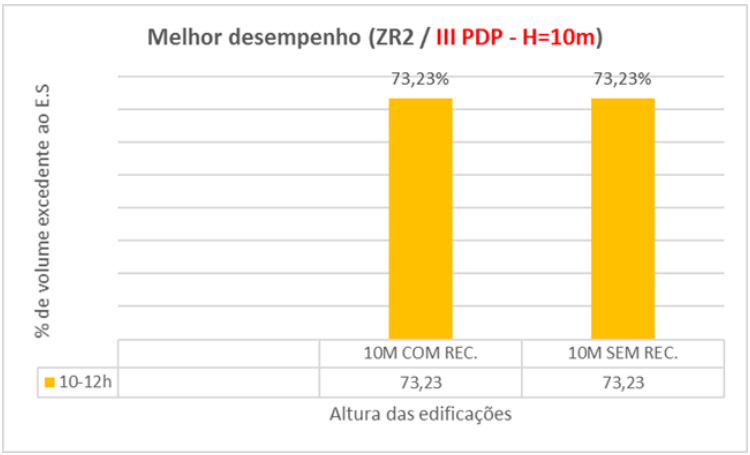
PLANO DIRETOR	RECUOS					LOTE P (Testada menor 6m)				
	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			9,50						
III PDP	***			13,50		215	70%	150,5		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

5. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

	Lote P			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/ rec. ajard.	73,23	10-12 h
III	70	10 s/ rec. ajard.	73,23	10-12h

6. Gráficos de desempenho

6.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote P (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)



7. Resultados obtidos para o lote G

e) H=10m; H=13m

7.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote G para altura edificada H=10m, temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			8,40						
III PDP	***			12,40		871,43	70%	435,71		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

7.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote G para altura edificada H=13m, temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	LAT.	FUN.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00		2,60	2,60	8,80					
III PDP	***		2,60	2,60	2,60	871,43	70%	435,71		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

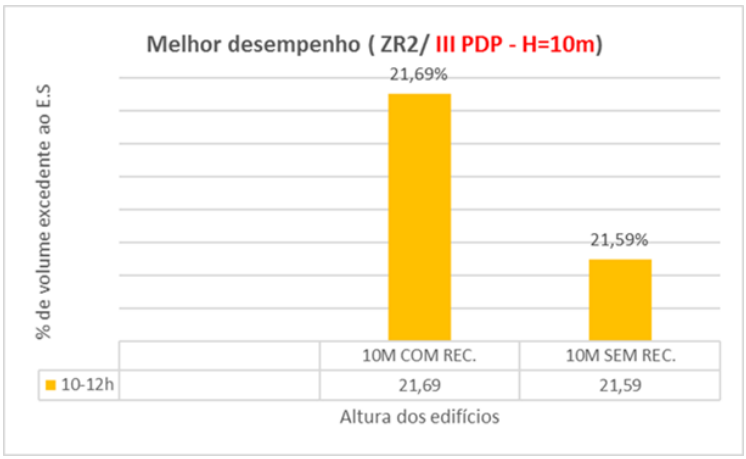
8. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

	Lote G			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/ rec. ajard.	21,69	10-12 h
III	70	10 s/ rec. ajard.	21,59	10-12 h
III	70	13 c/ rec. ajard.	33,19	10-12h
III	70	13 s/ rec. ajard.	29,25	9-11h

9. Gráficos de desempenho

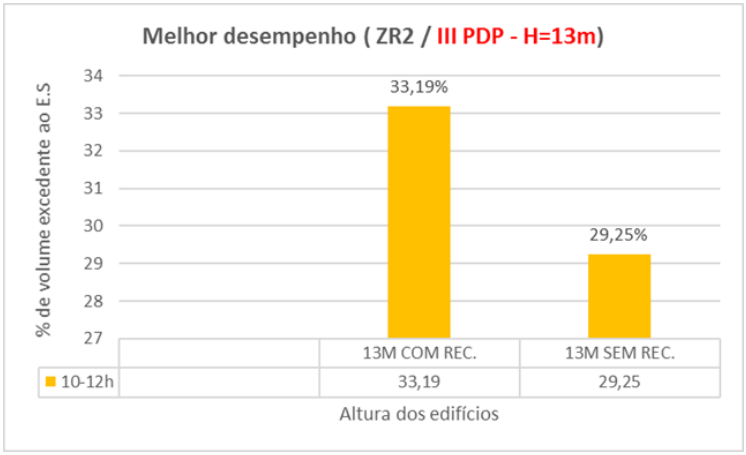
9.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote G (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=10m



9.2 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 13m para um lote G (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=13m



10. Resultados obtidos para o lote E

f) H=10m; H=13m

10.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote E, para altura edificada H=10m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	SEC.****	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			7,75	2,50					
III PDP	***			11,72	2,50	1416,3	70%	573,15		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										
**** Conforme Art. 124 § 2°										

10.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote E, para altura edificada H=13m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	SEC.****	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00		2,60	2,60	2,50					
III PDP	***		6,50	11,75	2,50	1416,3	70%	573,15		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										
**** Conforme Art. 124 § 2°										

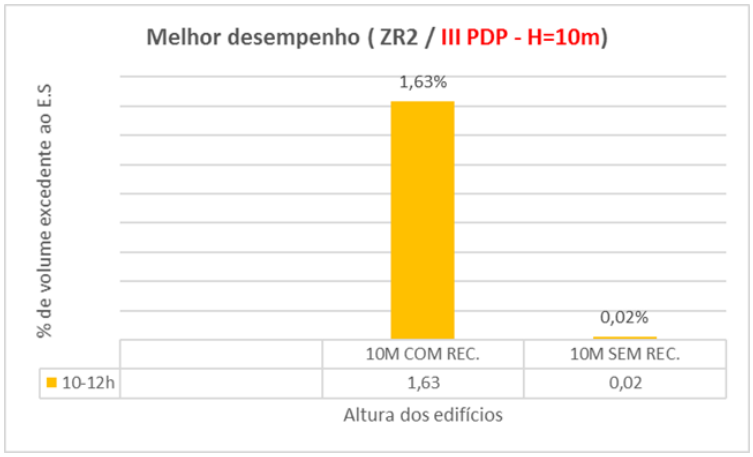
11. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

Lote ESQUINA				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/rec.ajard.	1,63	10-12h
III	70	10 s/rec.ajard.	0,02	10-12h
III	70	13 c/rec.ajard.	6,58	11-13h
III	70	13 s/rec.ajard.	2,05	11-13h

12. Gráficos de desempenho

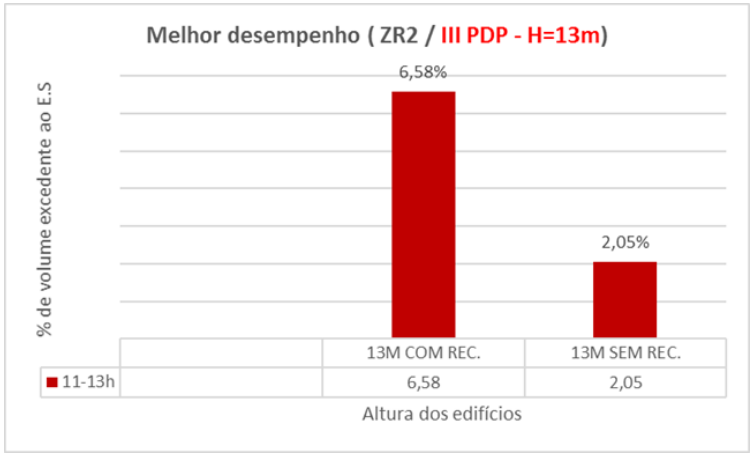
12.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote E (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=10m



12.2 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 13m para um lote E (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=13m



(APÊNDICE C)

I. RESULTADOS OBTIDOS NA ZONA RESIDENCIAL 3 ATRAVÉS DA ANÁLISE DO I e II PDP

ANÁLISE DO I E II PDP, LEIS 1672/68 E 2565/80 RESPECTIVAMENTE PARA VOLUMES EDIFICADOS COM ALTURA H=6m;12m e 24m.

1. Índices urbanísticos propostos pelo I e II Plano Diretor de Pelotas - RS

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 1672/68 (I PDP)	4m	1m para cada pavimento acima dos 24m	Mínimo de 2,5m em cada divisa	3,5m (exceto quando ocupado por garagens até 6m de altura)	O recuo lateral e de fundos não será exigido até altura de 6m em caso de residência unifamiliar.	Permitida aturas acima de 24m.	Variáveis entre 20 e 16m	50%	4

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 2565/80 (II PDP)	5m	-	L/4 Mínimo de 2,5m em pelo menos uma das divisas	P/10 Mínimo de 2,5m	-	H=6m ou 2 pavimentos	Variáveis entre 9,60m e 14,40m	66,6%	1

2. Lotes Analisados

Ítem	Lote	Dimensão do lote	Altura edificada	Orientação	Plano Diretor Analisado
a)	P	(5,70m x 46,00m)	6m	Nordeste	I e II
b)	G	(21,20m x 41,10m)	6m,12m e 24m	Noroeste	
c)	E	(35,40m x 43,50m)	6m,12m e 24m	Sudoeste	

3. Localização dos lotes no quarteirão

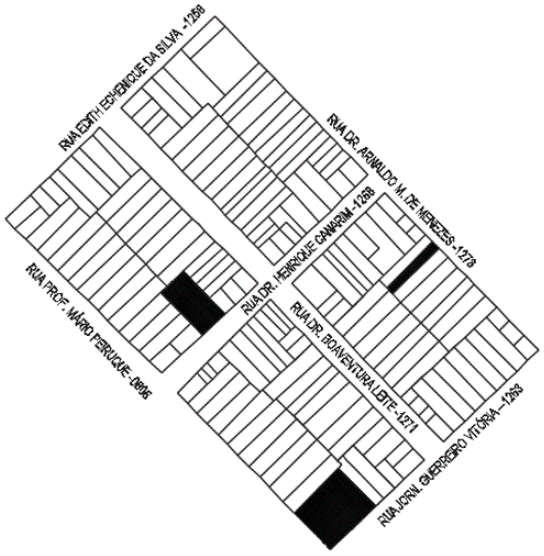


Figura 01 – Recorte urbano da ZR3 / lotes analisados
Fonte: autora, 2016

4. Resultados obtidos para o lote P

a) H=6m

4.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote P, para altura edificada H=6m, temos:

	RECUOS					LOTE P (Testada menor 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		isento	18,40		261,3	50%	130,65	4	8
II PDP	5,00		2,50	4,47		261,3	66,6	174,02	1	2

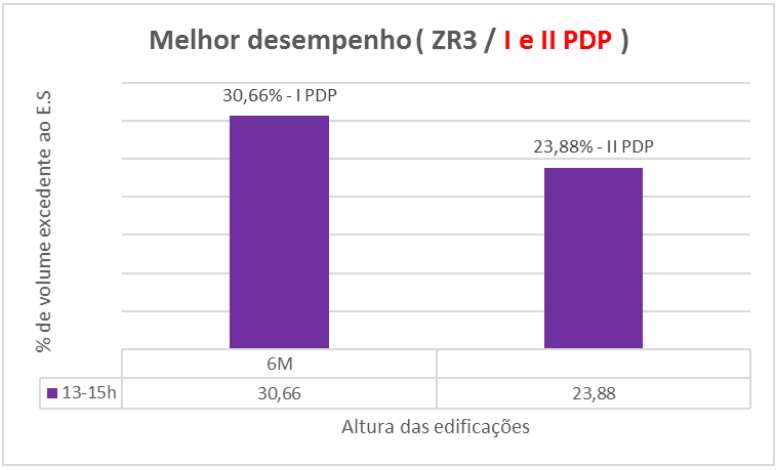
5. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote P			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol[20]
I	50	6	30,66	13-15 h
II	66,6	6	23,88	12-14h

[20] Período em que as edificações têm menor percentual de volume edificado excedente ao envelope solar.

6. Gráficos de desempenho

6.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote P



7. Resultados obtidos para o lote G

b) LOTE G – H=6m; H=12m e H=24m

7.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=6m temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	LAT.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		-	9,40		867,21	50	433,6	4	8
II PDP	5,00		2,64	4,60	2,64	867,21	66,6	577,56	1	2

7.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote G, para altura edificada H=24m temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	LAT.	FUN.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		2,5	4,20	3,5	867,21	50	433,6	4	8

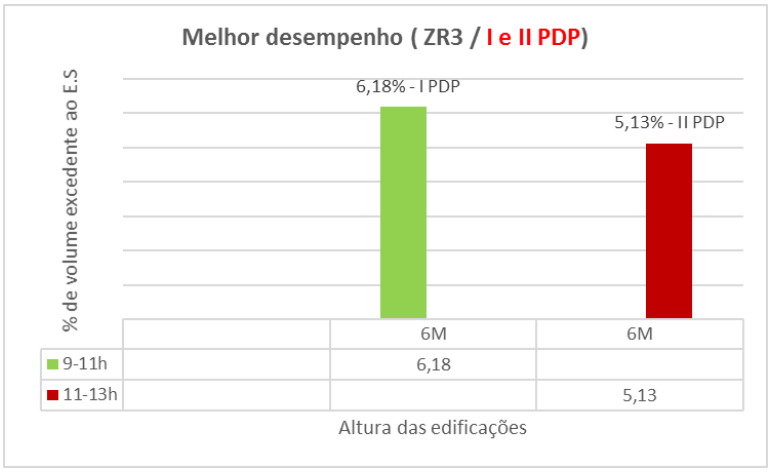
8. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote G				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente (%)	E.S	Melhor horário de acesso ao sol
I	50	6	6,18		9-11 h
II	66,60	6	5,13		11-13h
I	50	24	52,61		9-11h

9. Gráficos de desempenho

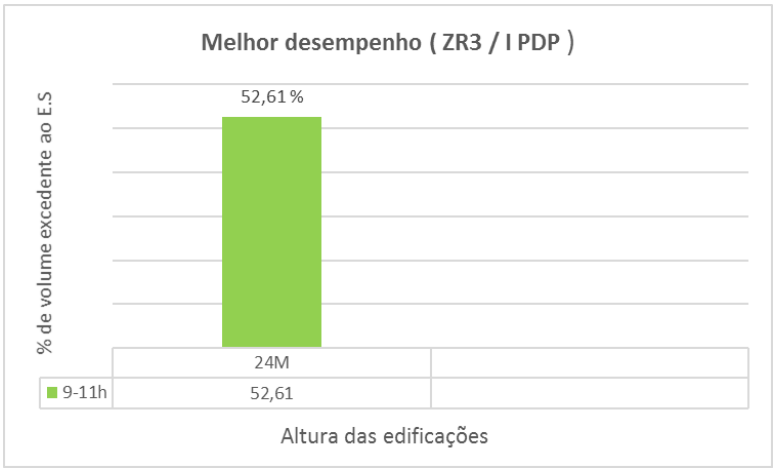
9.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote G.

H=6m



9.2 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 24m para um lote G.

H=24m



10. Resultados obtidos para o lote E

c) LOTE E – H=6m e H=24m

10.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos por cada Plano Diretor para o lote E, para altura edificada H=6m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		14,00	3,50	Recuo sec.= 2,0	1539,9	50	769,95	4	8
II PDP	5,00		8,85	4,35		1539,9	66,6	1025,57	1	2

10.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo I PDP para o lote E, para altura edificada H=24m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
I PDP	4,00		12,00	3,50	Recuo sec.= 2,0	1539,9	50	769,95	4	8

11. Relação E.S versus Volume edificado no I e II PDP

	Lote ESQUINA			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
I	50	6	0,01	9-11 h
II	66,60	6	0,07	10-12h
I	50	24	15,06	11-13h

12. Gráficos de desempenho

12.1 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 6m para um lote E.

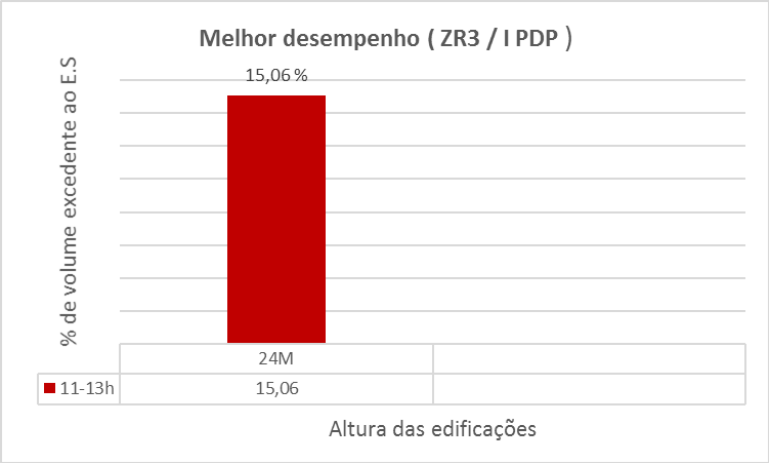
H=6m

No I PDP para uma edificação com altura de 6m em um lote de esquina no horário de 9-11h não houve volume excedente ao E.S, pois o percentual de volume que excede os limites do envelope solar foi de apenas 0,01%.

No II PDP para uma mesma edificação com altura de 6m houve um volume excedente ao E.S de apenas 0,07% no horário de 10-12h.

12.2 Gráfico de desempenho do I e II PDP para o volume edificado com altura de 24m para um lote E.

H=24m



II. RESULTADOS OBTIDOS NA ZONA RESIDENCIAL 3 ATRAVÉS DA ANÁLISE DO III PDP

ANÁLISE DO III PDP, POSICIONANDO O VOLUME EDIFICADO NO ALINHAMENTO PREDIAL E RECUANDO 4M, CONFORME ART. 123 DA LEI 5502/08 PARA H=10m e 13m.

1. Índices urbanísticos propostos pelo III PDP

Plano Diretor	Recuos					Altura edificações	Largura vias	T. O	I.A
	Ajardinamento	Frontal	Lateral	Fundos	Obs.				
Lei 5502/08 (III PDP)	4m	-	Isentos	Mínimo de 3m	O recuo de ajardinamento, poderá ser dispensado através de estudo prévio do entorno imediato no caso de evidenciar-se, no raio de 100m a partir do centro da testada do lote, a existência de mais de 60% das edificações no alinhamento predial	H=10m	Variáveis entre 16m e 18m	70%	-
	4m	-	R = (0,4 X H) /2, em ambos os lados	R= (0,4 X H) / 2, em ambos os lados	Em logradouros com gabarito igual ou superior a 16m, será permitida edificações com 13m de altura, desde que possua testada igual ou superior a 12m	H=13m	Variáveis entre 16m e 18m	70%	-

2. Lotes Analisados

Ítem	Lote	Dimensão do lote	Altura edificada	Orientação	Plano Diretor Analisado
d)	P	(5,70m x 46,00m)	10m	Nordeste	III
e)	G	(21,20m x 41,10m)	10m e 13m	Noroeste	
f)	E	(35,40m x 43,50m)	10m e 13m	Sudoeste	

3. Localização no quarteirão

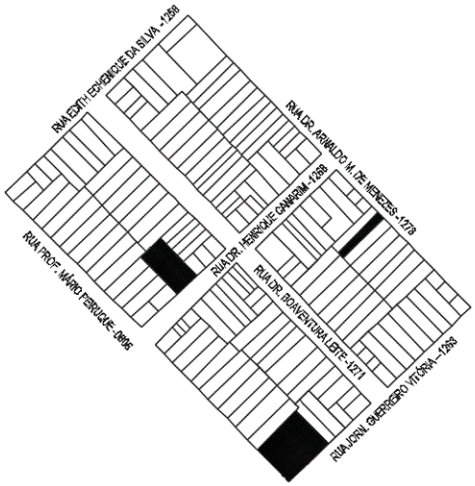


Figura 01 – Recorte urbano da ZR3 / Lotes analisados
Fonte: autora, 2016

4. Resultados obtidos para o lote P

d) H=10m

4.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote P para altura edificada H=10m, temos:

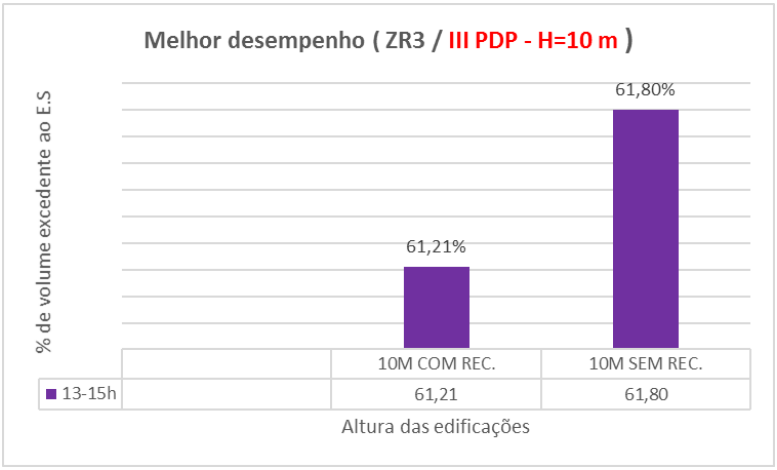
	RECUOS					LOTE P (Testada menor 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			9,42						
III PDP	***			13,30		261,3	70%	182,91		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

5. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

	Lote P			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/ rec. ajard.	61,21	13-15h
III	70	10 s/ rec. ajard.	61,80	13-15h

6. Gráficos de desempenho

6.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote P (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)



7. Resultados obtidos para o lote G

e) H=10m

Obs: Devido ao gabarito da via ser inferior a 16m, a análise foi realizada apenas para o volume edificado com altura de 10m.

7.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote G para altura edificada H=10m, temos:

	RECUOS					LOTE G (Testada maior 6m)				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	OBS.	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			8,40						
III PDP	***			12,30		867,21	70%	607,04		3

*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I

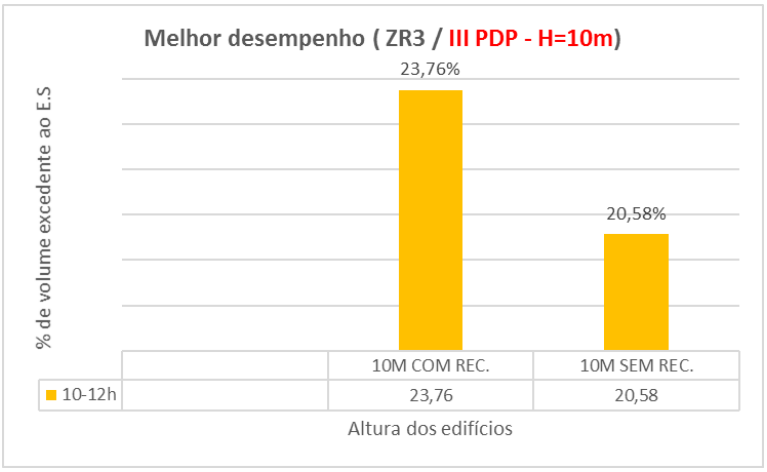
8. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

	Lote G			
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/ rec. ajard.	23,76	10-12 h
III	70	10 s/ rec. ajard.	20,58	10-12 h

9. Gráficos de desempenho

9.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote G (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=10m



10. Resultados obtidos para o lote E

f) H=10m; H=13m

10.1 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote E, para altura edificada H=10m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	SEC.****	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00			3,00	8,34					
III PDP	***			3,00	8,20	1539,9	70%	1077,93		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										
**** Conforme Art. 124 § 2°										

10.2 Aplicando os índices urbanísticos propostos pelo III PDP para o lote E, para altura edificada H=13m temos:

	RECUOS					LOTE ESQ.				
PLANO DIRETOR	AJARD.	FRO.	LAT.	FUN.	SEC.****	ÁREA (m2)	T.O (%)	PROJEÇÃO (m2)	I.A	N° PAV
	4,00		2,60	3,50	2,60					
III PDP	***		2,60	7,50	2,60	1539,9	70%	1077,93		3
*** Dispensado conforme Art. 123, inciso I										

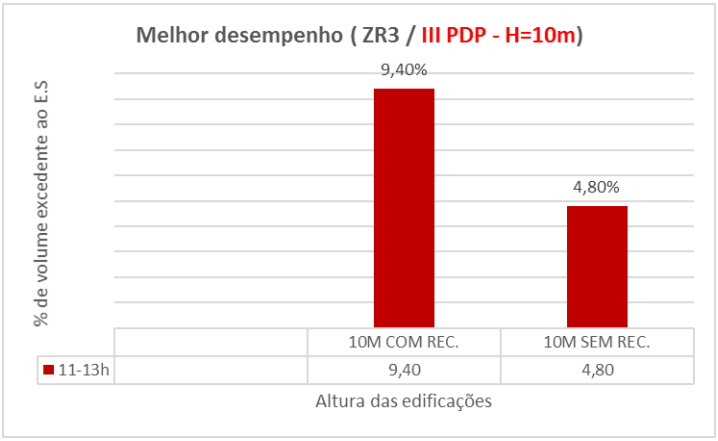
11. Relação E.S versus Volume edificado no III PDP

Lote ESQUINA				
Plano Diretor	T.O (%)	Altura (m)	Excedente E.S (%)	Melhor horário de acesso ao sol
III	70	10 c/rec.ajard.	9,40	11-13h
III	70	10 s/rec.ajard.	4,80	11-13h
III	70	13 c/rec.ajard.	12,85	11-13h
III	70	13 s/rec.ajard.	10,13	11-13h

12. Gráficos de desempenho

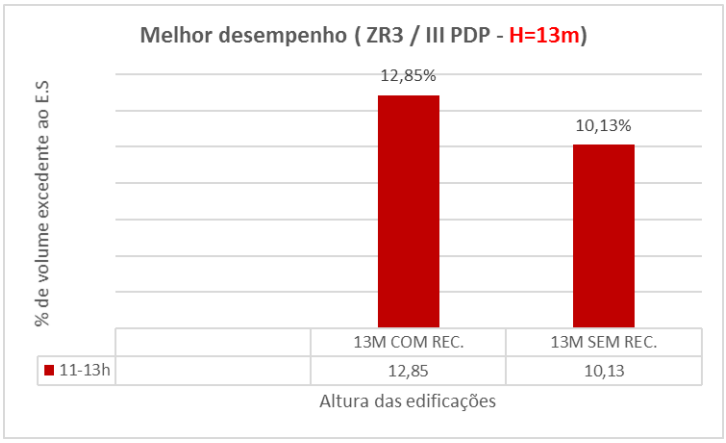
12.1 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 10m para um lote E (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=10m



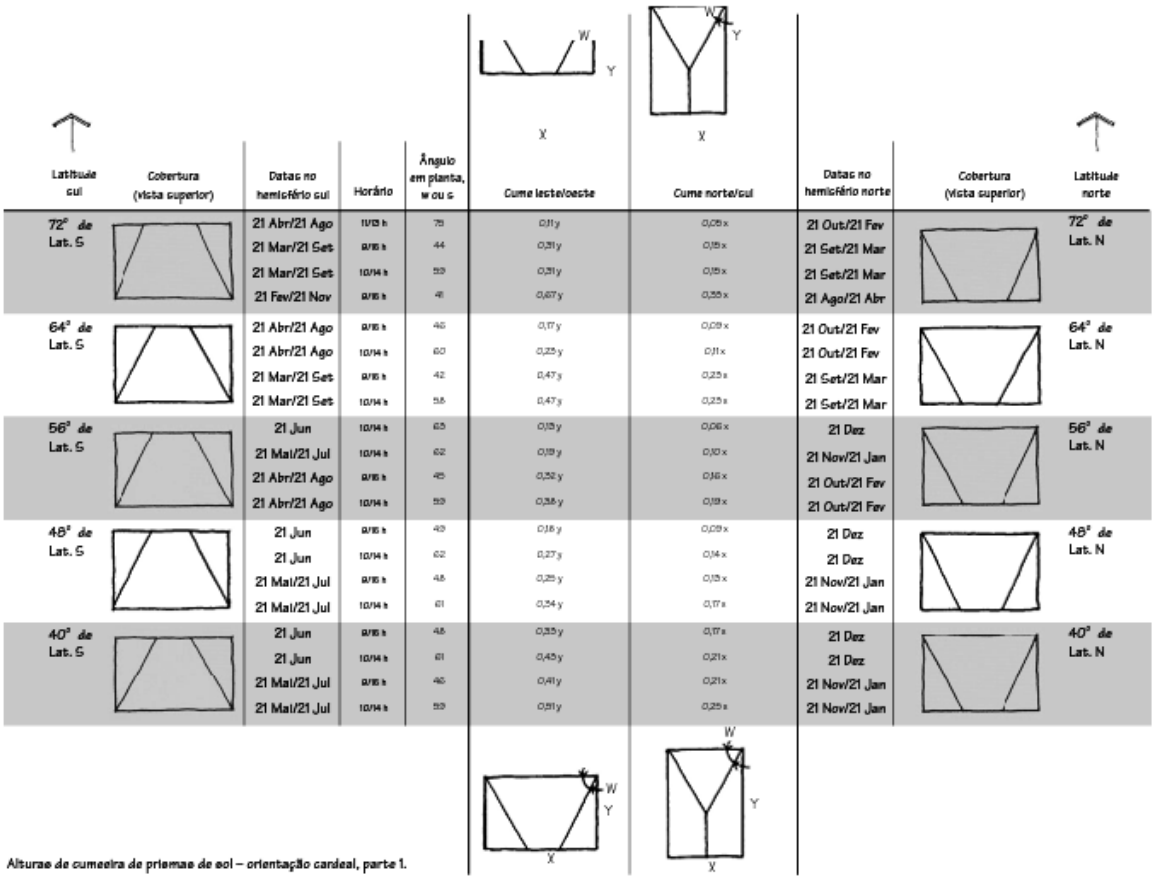
12.2 Gráfico de desempenho do III PDP para o volume edificado com altura de 13m para um lote E (RECUADO 4m e POSICIONADO NO ALINHAMENTO)

H=13m



Anexos

ANEXO 1 – TABELAS PARA A GERAÇÃO DO ENVELOPE SOLAR APRESENTADAS POR BROWN E DEKAY (2007)

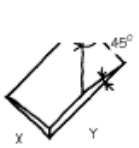
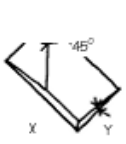


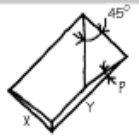
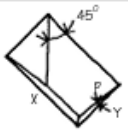
Latitude sul	Cobertura (vista superior)	Datas no hemisfério sul	Horário	Ângulo em planta, w ou c	Cume leste/oeste	Cume norte/sul	Datas no hemisfério norte	Cobertura (vista superior)	Latitude norte
72° de Lat. S		21 Abr/21 Ago	11/13 h	79	0,11 y	0,05 x	21 Out/21 Fev		72° de Lat. N
		21 Mar/21 Set	9/15 h	44	0,31 y	0,15 x	21 Set/21 Mar		
		21 Mar/21 Set	10/14 h	59	0,31 y	0,15 x	21 Set/21 Mar		
		21 Fev/21 Nov	9/15 h	46	0,67 y	0,35 x	21 Ago/21 Abr		
64° de Lat. S		21 Abr/21 Ago	9/15 h	46	0,17 y	0,09 x	21 Out/21 Fev		64° de Lat. N
		21 Abr/21 Ago	10/14 h	60	0,25 y	0,11 x	21 Out/21 Fev		
		21 Mar/21 Set	9/15 h	42	0,47 y	0,25 x	21 Set/21 Mar		
		21 Mar/21 Set	10/14 h	56	0,47 y	0,25 x	21 Set/21 Mar		
56° de Lat. S		21 Jun	10/14 h	65	0,13 y	0,06 x	21 Dez		56° de Lat. N
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	62	0,19 y	0,10 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Abr/21 Ago	9/15 h	45	0,52 y	0,26 x	21 Out/21 Fev		
		21 Abr/21 Ago	10/14 h	59	0,38 y	0,19 x	21 Out/21 Fev		
48° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	49	0,16 y	0,09 x	21 Dez		48° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	62	0,27 y	0,14 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	48	0,25 y	0,13 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	61	0,34 y	0,17 x	21 Nov/21 Jan		
40° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	48	0,33 y	0,17 x	21 Dez		40° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	61	0,45 y	0,21 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	48	0,41 y	0,21 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	59	0,51 y	0,25 x	21 Nov/21 Jan		

Alturas de cumeeira de prismas de sol – orientação cardeal, parte 1.

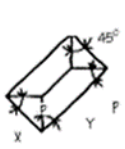
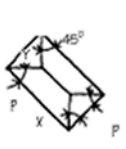
Latitude sul	Cobertura (vista superior)	Datas no hemisfério sul	Horário	Ângulo em planta, w ou s	Cumeeira leste/oeste	Cumeeira norte/sul	Datas no hemisfério norte	Cobertura (vista superior)	Latitude norte
32° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	46	0,48 y	0,25 x	21 Dez		32° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	59	0,60 y	0,30 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	44	0,58 y	0,29 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	57	0,70 y	0,35 x	21 Nov/21 Jan		
24° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	44/9	0,68 y	0,34 x	21 Dez		24° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	56/5	0,82 y	0,41 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	42/9	0,79 y	0,39 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	54/5	0,93 y	0,46 x	21 Nov/21 Jan		
16° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	41/18	0,91 y	0,46 x	21 Dez		16° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	55/20	1,08 y	0,54 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	38/18	1,05 y	0,52 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	50/20	1,23 y	0,61 x	21 Nov/21 Jan		
8° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	37/25	1,20 y	0,60 x	21 Dez		8° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	48/32	1,44 y	0,72 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	33/25	1,39 y	0,70 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	44/32	1,65 y	0,83 x	21 Nov/21 Jan		
0° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	32/32	1,62 y	0,81 x	21 Dez		0° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	41/41	1,86 y	0,93 x	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	28/32	1,85 y	0,92 x	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	37/41	2,34 y	1,17 x	21 Nov/21 Jan		

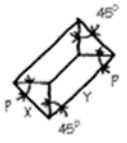
Alturas de cumeeira de prisma de sol – orientação cardeal, parte 2.

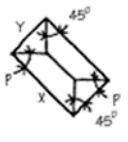
Latitude sul	Cobertura (vista superior)	Datas no hemisfério sul	Horário	Ângulo em planta, p			Datas no hemisfério norte	Cobertura (vista superior)	Latitude norte
72° de Lat. S		21 Abr/21 Ago	11h53 h	1	0,92 x	0,92 y	21 Out/21 Fev		72° de Lat. N
		21 Mar/21 Set	anis h	0	0,21 x	0,21 y	21 Set/21 Mar		
		21 Mar/21 Set	10/14 h	5	0,26 x	0,26 y	21 Set/21 Mar		
		21 Fev/21 Out	10/14 h	0	0,44 x	0,44 y	21 Ago/21 Abr		
64° de Lat. S		21 Abr/21 Ago	anis h	2	0,92 x	0,92 y	21 Out/21 Fev		64° de Lat. N
		21 Abr/21 Ago	10/14 h	0	0,20 x	0,20 y	21 Out/21 Fev		
		21 Mar/21 Set	anis h	5	0,29 x	0,29 y	21 Set/21 Mar		
		21 Mar/21 Set	10/14 h	0	0,41 x	0,41 y	21 Set/21 Mar		
56° de Lat. S		21 Jun	10/14 h	2	0,11 x	0,11 y	21 Dez		56° de Lat. N
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	0	0,17 x	0,17 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Abr/21 Ago	anis h	4	0,21 x	0,21 y	21 Out/21 Fev		
		21 Abr/21 Ago	10/14 h	0	0,35 x	0,35 y	21 Out/21 Fev		
48° de Lat. S		21 Jun	anis h	5	0,15 x	0,15 y	21 Dez		48° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	2	0,24 x	0,24 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	anis h	4	0,17 x	0,17 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	2	0,24 x	0,24 y	21 Nov/21 Jan		
40° de Lat. S		21 Jun	anis h	7	0,22 x	0,22 y	21 Dez		40° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	5	0,36 x	0,36 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	anis h	8	0,26 x	0,26 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	5	0,41 x	0,41 y	21 Nov/21 Jan		

Alturas de cumeeira de prisma de sol – orientação com 45º de rotação, parte 1.

Latitude sul	Cobertura (vista superior)	Datas no hemisfério sul	Horário	Ângulo em planta, P			Datas no hemisfério norte	Cobertura (vista superior)	Latitude norte
32° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	12	0,20 x	0,20 y	21 Dez		32° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	9	0,40 x	0,40 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	14	0,33 x	0,33 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	10	0,51 x	0,51 y	21 Nov/21 Jan		
24° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	18	0,25 x	0,25 y	21 Dez		24° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	15	0,54 x	0,54 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	20	0,36 x	0,36 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	17	0,58 x	0,58 y	21 Nov/21 Jan		
16° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	26	0,40 x	0,40 y	21 Dez		16° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	24	0,60 x	0,60 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	28	0,42 x	0,42 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	25	0,64 x	0,64 y	21 Nov/21 Jan		
8° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	35	0,43 x	0,43 y	21 Dez		8° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	34	0,64 x	0,64 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	37	0,44 x	0,44 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	36	0,67 x	0,67 y	21 Nov/21 Jan		
0° de Lat. S		21 Jun	9/15 h	45	0,44 x	0,44 y	21 Dez		0° de Lat. N
		21 Jun	10/14 h	45	0,85 x	0,85 y	21 Dez		
		21 Mai/21 Jul	9/15 h	47	0,45 x	0,45 y	21 Nov/21 Jan		
		21 Mai/21 Jul	10/14 h	47	0,88 x	0,88 y	21 Nov/21 Jan		





Alturas de cumeeira de prisma de sol – orientação com 45º de rotação, parte 2.