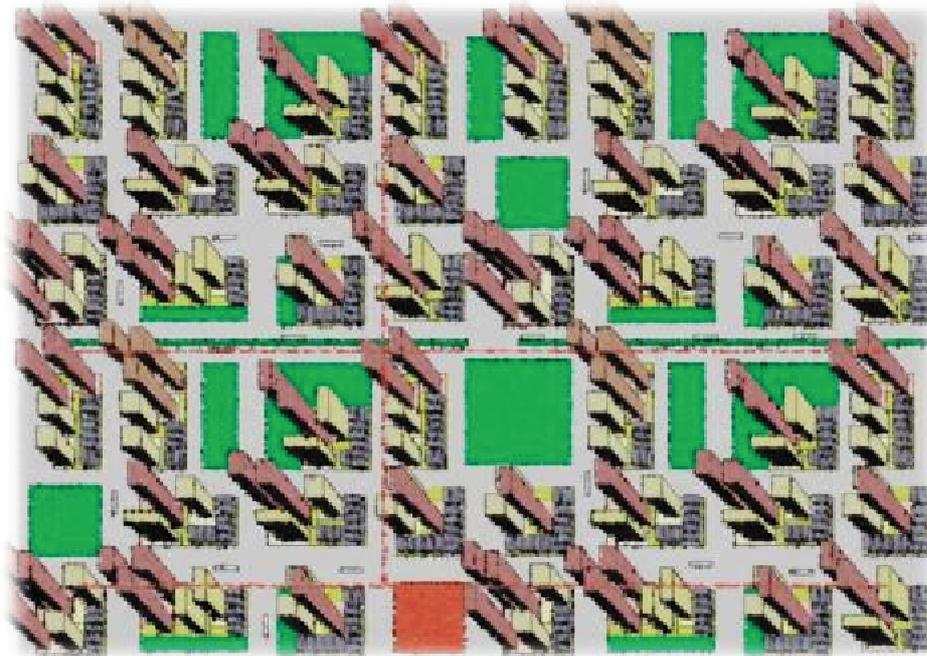


Prêmio Jovem Cientista 2011
Cidades Sustentáveis

**Ferramenta computacional para planejamento de
cidades limpas e energeticamente eficientes**



Autora
Karin Regina de Castro Marins

Orientador
Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro

Instituição de vínculo:
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado - Travessa 2 nº83 – Cidade Universitária – São Paulo/SP - 05508-080
Tel. (11) 3091-5107 – Email: karin.marins@poli.usp.br

Instituição de desenvolvimento da pesquisa:
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP
Rua do Lago, 876 – Cidade Universitária – São Paulo/SP - 05508-080
Tel. (11) 3091-4797 - Email: fau@usp.br

SUMÁRIO

1.	Introdução	3
2.	Objetivo	4
3.	Materiais e métodos	6
4.	Resultados da Pesquisa e Discussão: Proposta de uma ferramenta computacional para planejamento de áreas urbanas limpas e energeticamente eficientes	8
4.1	Estrutura geral e principais características.....	8
4.1	Principais procedimentos para aplicação da ferramenta computacional.....	10
4.1.1	Etapa 1: Definição da Situação de Referência	10
4.1.2	Etapa 2: Definição da volumetria das edificações e características dos lotes.....	11
4.1.3	Etapa 3: Definição das tipologias de quadra	11
4.1.4	Etapa 4: Definição da seção viária preliminar e das opções de tecido urbano	13
4.1.5	Etapa 5: Quantitativo preliminar de população	15
4.1.6	Etapa 6: Definição do sistema de transporte e circulação	16
4.1.7	Etapa 7: Verificação da seção viária e quantitativo final	17
4.1.8	Etapa 8: Consumo energético em transporte urbano de passageiros	17
4.1.9	Etapa 9: Definição dos níveis de eficiência energética em edifícios	19
4.1.10	Etapa 10: Cálculo do consumo total de energia em edificações e da área urbana.....	21
4.1.11	Etapa 11: Definição dos sistemas de oferta de energia	22
4.1.12	Etapa 12: Cálculo das emissões de poluentes locais e de GEE	25
4.1.13	Etapa 13: Consolidação de resultados e indicadores principais	26
4.2	Aplicação da ferramenta computacional no caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo	29
4.2.1	A área da operação urbana Água Branca	29
4.2.2	Definição da Situação de Referência	30
4.2.3	Premissas para definição das alternativas em Situações Urbanas	31
4.2.4	Resultados	31
5.	Conclusões	32
6.	Considerações finais	36
	Referências bibliográficas	37
	Anexo 01	41

1. Introdução

O presente trabalho é baseado na tese de doutorado desenvolvida junto à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e defendida em abril de 2010, e que teve por objetivo a produção de uma metodologia e sua sistematização em uma ferramenta computacional para suporte ao planejamento energético, urbano e ambiental em áreas urbanas (MARINS, 2010). A abordagem é inovadora e baseada na integração de estratégias e soluções urbanísticas, arquitetônicas, de mobilidade e de geração distribuída de energia, tendo por base princípios de sustentabilidade.

Inserido em uma perspectiva de valorização e busca crescente por oportunidades de catalisar e tornar práticas soluções para a sustentabilidade do cotidiano, o trabalho de pesquisa considera o potencial das cidades em serem estruturadas para um funcionamento mais adequado e eficiente do ponto de vista energético e ambiental, com reflexos bastante positivos em termos de eficiência do consumo de insumos energéticos e de qualidade ambiental urbana e, portanto, para a qualidade de vida. Nesse sentido, e não ignorando a complexidade envolvida nesse processo, este trabalho considera o planejamento de cidades sustentáveis como oportunidade de promover melhores níveis de integração das funções, fluxos e infraestrutura da cidade, envolvendo o meio ambiente natural e o construído, com uso eficiente de recursos, sobretudo energéticos, necessários à promoção da qualidade de vida e à conservação do meio ambiente. Com relação às funções urbanas, as áreas residenciais, comerciais, de prestação de serviços, trabalho e lazer devem interagir visando promover facilidades de acesso aos cidadãos. Fluxos e recursos, incluindo energia, água e resíduos, devem ser otimizados, reduzidos e reutilizados, se possível em uma cadeia unificada. A infraestrutura urbana, por sua vez, deve ser preparada para suportar o fechamento de ciclos ecológicos, reduzindo a necessidade de aquisição de mais recursos e a geração de resíduos, tornando a área mais autosuficiente. Elementos naturais, tais como corpos d'água em geral, solo, vegetação e biodiversidade necessitam serem entendidos como parte do meio ambiente urbano e como potenciais agentes na melhoria da qualidade ambiental. A adoção desses conceitos no planejamento das áreas urbanas tende a trazer resultados favoráveis em termos de eficiência energética e redução de impactos ambientais e sociais correlacionados.

Entende-se que essas iniciativas possam vir a fazer parte de um plano estratégico de desenvolvimento de áreas urbanas brasileiras que integrem esforços para

racionalização do uso de energia, diversificação da matriz energética melhores condições de uso do solo e mobilidade urbana. Trata-se de uma nova visão, ainda pouco explorada no Brasil. No exterior, principalmente na Europa, iniciativas e investimentos para potencializar cidades “inteligentes e ecológicas” já são realidade, e as soluções em geral trazem a questão energética como temática central (ELETROBRAS, 2010). Nesse sentido, a metodologia e a ferramenta ora desenvolvidas vem suportar a atuação de planejadores e tomadores de decisão para adoção de soluções integradas que objetivem eficiência, redução de impactos ambientais e melhores condições de conforto para as populações urbanas e para a formação e manutenção de cidades mais sustentáveis.

2. Objetivo

O objetivo desse trabalho é apresentar uma ferramenta computacional para planejamento de áreas urbanas “limpas e energeticamente eficientes”, aplicável às cidades brasileiras. A ferramenta é produto da tese de doutorado desenvolvida junto à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP e defendida em abril de 2010 (MARINS, 2010) e que constou do desenvolvimento de uma metodologia para planejamento energético urbano e sua sistematização em planilha eletrônica. A ferramenta computacional em questão foi “desenhada” para suportar a simulação de diferentes Situações Urbanas e verificação dos múltiplos impactos decorrentes da integração de estratégias, permitindo identificar e selecionar as configurações com melhor desempenho energético e/ou ambiental, além de gerar indicadores multidisciplinares de referência para o planejamento urbano, energético e ambiental de uma dada área urbana.

A metodologia é baseada na integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edificações, meio ambiente e geração de energia, envolvendo as seguintes variáveis e parâmetros principais:

- **Consumo energético** dos setores residencial, comercial e de transportes, abrangendo eletricidade, energia para aquecimento de água e resfriamento ambiental em edificações, bem como energia para tração veicular;
- **Densidade populacional**, incluindo a densidade relativa à população residente (habitantes) e a densidade de empregos em uma dada área urbana;
- **Morfologia urbana**: nesse trabalho, refere-se aos condicionantes de estruturação física, uso e ocupação da área urbana considerada. Em linhas gerais, é caracterizada pela taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e

coeficiente de uso misto (residencial e comercial); participação das áreas verdes públicas e privadas e das áreas livres; distribuição, forma e orientação de quadras; volumetria das edificações; cânion urbano;

- **Mobilidade urbana:** nesse trabalho, refere-se aos condicionantes do sistema de circulação e transporte em uma dada área urbana, abrangendo sistema viário e sistema de transportes urbanos de passageiros - sistema de transporte público coletivo de baixa e média capacidades, sistemas não-motorizados (a pé e cicloviário) e transporte individual por automóveis;
- **Eficiência energética em edificações comerciais e residenciais:** maximização da iluminação e ventilação naturais, controle dos ganhos térmicos por radiação solar, sombreamento de aberturas, uso de equipamentos de iluminação artificial e de equipamentos elétricos mais eficientes;
- **Sistemas de oferta de energia:** sistema regional corrente (SIN – Sistema Interligado Nacional) e sistemas de geração de energia elétrica em escala distrital e predial envolvendo tecnologias térmicas a gás natural, biocombustíveis e resíduos urbanos, além de sistemas renováveis de aquecimento e resfriamento ambientais, individuais ou conectados a redes distritais de distribuição;
- **Emissões de poluentes:** emissões resultantes dos sistemas de geração de energia e dos sistemas de transporte urbano, abrangendo Gases de Efeito Estufa – GEE e poluentes locais - Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrogênio (NOx), Dióxido de Enxofre (SO₂), Material Particulado (MP) e Compostos Orgânicos Voláteis (COV).

Como ferramenta de suporte ao planejamento e processo decisório em áreas urbanas, **a metodologia é aplicável a estudos para desenvolvimento de novas áreas urbanas, distritos ou bairros, ainda desocupados**, nos quais ainda haja possibilidade de parcelamento do solo, tais como Áreas de Operação Urbana e Zonas Industriais em Reestruturação, assim como em **estudos para requalificação de áreas urbanas já ocupadas**, nas quais seja possível ou não modificações estruturais em termos de quadras, sistema viário e lotes. Adicionalmente, a metodologia também pode auxiliar no desenvolvimento de **planos diretores**, em projetos relacionados à implementação das **políticas de mudanças climáticas**, bem como em **projetos de eficiência energética em edificações e transporte urbano e no planejamento de sistemas de geração distribuída**.

3. Materiais e métodos

O desenvolvimento e a aferição da metodologia partiram da elaboração de um embasamento teórico referencial, no qual foi realizado o levantamento de abordagens relacionadas a planejamento energético, planejamento urbano, planejamento de transportes urbanos e planejamento ambiental, na escala da cidade e do bairro, assim como revisão bibliográfica sobre o estado da arte em geração e consumo de energia no Brasil, incluindo demanda em edifícios residenciais e comerciais e em transportes, bem como dados sobre o planejamento para a expansão do sistema. Essa etapa também abrange o aprofundamento teórico em questões relativas ao uso e à geração de energia em áreas urbanas (edifícios e transportes urbanos), climatologia, morfologia e mobilidade urbanas, além de emissões de poluentes, permitindo identificar e correlacionar condicionantes urbanos que impactam na forma e na quantidade de energia consumida nas cidades. Para isso, foi realizada extensa pesquisa bibliográfica, detalhadamente abordada no volume completo da tese de doutorado, identificando parâmetros e procedimentos de referência, dentre eles:

- Clima urbano - ilha de calor, cânion urbano, propriedades térmicas dos materiais, áreas verdes: ASSIS (1999), DUARTE (2001), SANTAMOURIS (2001), GIVONI (1998) e outros por eles citados (Lombardo, Oke, Taha);
- Urbanismo - densidade populacional, parcelamento, uso e ocupação do solo, áreas verdes, construídas e livres: WALTON (2007), SANTAMOURIS (2001), GIVONI (1998), legislação urbanística do município de São Paulo;
- Mobilidade urbana – sistemas de transporte urbano, sistema viário, consumo energético, integração com uso do solo: OTHA (2006), COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO (2008), WATCHS (2000), CERREÑO (2006), VASCONCELLOS (2006), ANTP (2009), NEWMAN E KENWORTHY (1999);
- Edificações - Consumo desagregado por usos finais, estratégias para eficiência energética: ELETROBRÁS (2007), BAKER E STEEMERS (2000), GHISI (2007), CARPENTER (1995); VIANNA e GONÇALVES (2001), BUILDING RESEARCH ENERGY CONSERVATION SUPPORT UNIT - BRECSU (2000); JOCHEM (2004);
- Geração de energia – características técnicas de sistemas de geração de energia elétrica e térmica, sistemas de distribuição urbanos: INMETRO (2008);

2009), GRANRYD (2002), WADE (2003), THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE PROMOTION OF COGENERATION (2001), IEA (1996);

→ Qualidade do ar e emissão de poluentes: CETESB (2009b), PMSP (2005). UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (2007), COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA (2008), MOREIRA et al. (2008), VASCONCELLOS (2006), ASSUNÇÃO e PESQUERO (1999), NERI (2008), UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1996), políticas de Mudanças Climáticas municipal, estadual e federal.

Em seguida, selecionaram-se estratégias, variáveis, parâmetros e indicadores, e definiu-se um detalhado conjunto de procedimentos de cálculo baseados em equações, produzindo resultados e indicadores quantitativos de orientação para planejamento quanto à estruturação física e funcional urbana e ao consumo energético e geração de poluentes associados. As equações foram sistematizadas em planilhas eletrônicas que auxiliaram inclusive no próprio ajuste metodológico, devido à estruturação lógica e visual dos procedimentos e às rápidas possibilidades de simulação de diferentes alternativas. Por fim, a proposta metodológica e a ferramenta computacional foram aferidas no caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo, sendo construídas 216 Situações Urbanas diferenciadas para área, além da situação de referência, subsidiando as análises e conclusões sobre os diversos resultados multidisciplinares envolvidos, assim como a verificação de sua aplicabilidade em outras áreas urbanas.

4. Resultados da Pesquisa e Discussão: Proposta de uma ferramenta computacional para planejamento de áreas urbanas limpas e energeticamente eficientes

4.1 Estrutura geral e principais características

A metodologia desenvolvida e base para a ferramenta computacional está organizada em três etapas principais, conforme esquematizado na Figura 01: 1) entrada de dados, composta por variáveis, parâmetros e procedimentos de referência; 2) um módulo central de processamento; 3) saída de resultados totais relativos a energia e emissões de poluentes, resultados referentes a morfologia e mobilidade urbanas e edificações, bem como indicadores específicos e globais.

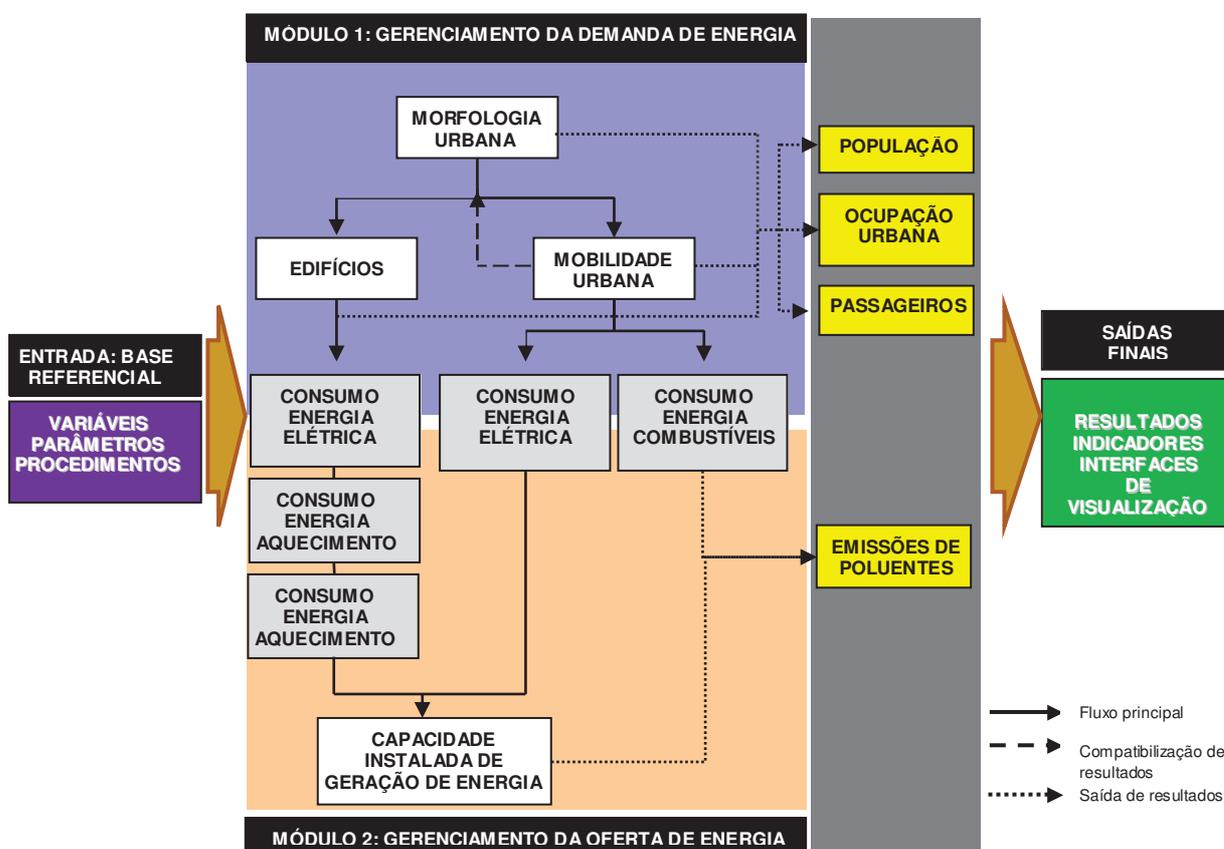


Figura 01: Estrutura geral da metodologia para planejamento energético urbano

Da entrada de dados participam um conjunto de variáveis e parâmetros relacionados aos condicionantes selecionados, entre os quais se destacam:

- Densidade populacional;
- Forma, orientação e área de quadras, lotes e edificações;
- Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, coeficiente de uso misto;
- Participação de áreas verdes;
- Ângulo de obstrução de cânion urbano;

- Transporte público, não-motorizado, individual e sistema viário;
- Padrões de consumo de energia em edificações e transportes urbanos;
- Ações de eficiência energética em edificações;
- Fatores de eficiência, capacidade e distribuição em sistemas de geração de energia;
- Fatores de emissão de poluentes e gases de Efeito Estufa.

A etapa de processamento configura o corpo central do trabalho e é composto por dois módulos principais:

- **Módulo 1: Gerenciamento da Demanda de Energia**, envolvendo aspectos relacionados à Morfologia Urbana, Mobilidade Urbana e Edificações. A demanda de energia é entendida nesse trabalho como a solicitação energética de uma dada área urbana, por se tratar de um termo técnico amplamente utilizado no setor elétrico;
- **Módulo 2: Gerenciamento da Oferta de Energia**, incluindo geração e distribuição de energia elétrica e térmica, em escala urbana.
- Em linhas gerais, parte-se da definição dos condicionantes constantes do **Módulo 1- Gerenciamento da Demanda de Energia**, no qual são definidas as características dos lotes, quadras, densidade populacional e do tecido urbano, atentando para aspectos funcionais e de clima urbano. Essas características são compatibilizadas com os pré-requisitos de demanda de sistema de transporte e de circulação, bem como com as premissas para implementação de estratégias para eficiência energética de edifícios. Da definição das características da área urbana resulta o consumo de energia em edificações e transportes, utilizado para estimar a capacidade instalada de geração de energia e, finalmente, as emissões associadas de poluentes locais e de Gases de Efeito Estufa.

Como produto da aplicação da ferramenta computacional no planejamento integrado de uma dada área urbana resultam as seguintes informações, entendidas como premissas fundamentais a serem consideradas no processo decisório, projetos e implementações relacionadas ao planejamento de uma dada área urbana “limpa”, urbanisticamente e energeticamente e fornecidas para cada Situação Urbana simulada:

- Consumo de energia em edificações, por níveis de eficiência energética;
- Consumo de energia em transportes urbanos;
- Capacidade instalada de geração de energia – eletricidade e energia térmica;

- Emissões de poluentes – SO₂, MP, NO_x, CO, COV e GEE;
- População residente, empregada, flutuante e de passagem;
- Área construída, ocupada, viária, verde, livre;
- Seção e composição viária – passeio público, ciclovia, faixas exclusivas;
- Número de edificações, lotes, quadras por tipo e uso.

Com base nas equações constantes da metodologia em questão, foi desenvolvida uma ferramenta computacional no padrão Microsoft Excel 2007 e formatado em um único arquivo composto por um conjunto de planilhas interconectadas, que correspondem às principais etapas de aplicação da metodologia proposta, conforme procedimentos de cálculo anteriormente detalhados. Ou seja, o projeto completo de planejamento energético é inserido nesse arquivo eletrônico, incluindo a configuração da situação de referência e das opções e cenários a serem simulados.

4.1 Principais procedimentos para aplicação da ferramenta computacional

Nesse capítulo serão descritas as principais etapas de uso da ferramenta computacional para configuração da Situação de Referência e das diferentes Situações Urbanas, e obtenção dos respectivos resultados e indicadores. Os procedimentos a seguir são aplicáveis na construção de variados cenários, dependendo das estratégias adotadas e das diretrizes de projeto aplicáveis a cada local. Embora o sistema esteja alimentado com variáveis e parâmetros especialmente selecionados para as condições urbanas do município de São Paulo, esses valores são passíveis de adaptação para outras cidades no Brasil.

4.1.1 Etapa 1: Definição da Situação de Referência

A Situação de Referência representa, no presente trabalho, o padrão corrente de uso e ocupação do solo, transportes urbanos e de uso e geração de energia em edificações. Pode ser relacionada tanto a uma situação existente quanto a um padrão especificado por meio da legislação ou de normas técnicas. É a primeira etapa a ser preenchida no uso da ferramenta, sendo, portanto, necessário o prévio levantamento de dados de entrada. Esse quadro referencial e seus resultados serão utilizados ao final dos procedimentos de cálculo em análises comparativas com as Situações Urbanas geradas por meio ferramenta computacional. A Figura 08 mostra a planilha de configuração da Situação de Referência.

4.1.2 Etapa 2: Definição da volumetria das edificações e características dos lotes

Nessa etapa são definidas a volumetria básica das edificações, as dimensões dos lotes e a população por tipologia de edifício. Parte-se da definição dos componentes básicos do tecido urbano - a edificação e o lote -, bem como da dinâmica urbana e social – densidade populacional e uso do solo, utilizando variáveis e parâmetros selecionados, conforme ilustrado na Figura 02, referente à planilha de volumetria das edificações.

Em princípio, é possível definir três tipologias de **edificações**, classificadas como de **alta, média e baixa densidades populacionais**, dependendo da área das unidades e no número de habitantes por residência ou de empregados por metro quadrado, bem como de taxas de ocupação e coeficientes de aproveitamento específicos. Do ponto de vista físico, a diversidade de tipologias é favorável para melhoria das condições de insolação e ventilação em locais de clima quente e úmido, tal como a região de São Paulo. Por outro lado, a oferta de diferentes padrões residenciais e comerciais, seja em gabarito ou em área, pode também enriquecer a dinâmica urbana local, melhor atendendo à multiplicidade de interesses sociais e econômicos.

VOLUMETRIA DAS EDIFICAÇÕES				
	Unidade	Área	Densidade	
DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS				
Área da unidade edificada (área total e construída)	10	100	100	100
Índice de ocupação do terreno	11	100	100	100
Índice de aproveitamento	12	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações comerciais	13	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações residenciais	14	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações industriais	15	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações públicas	16	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	17	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	18	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	19	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	20	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	21	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	22	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	23	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	24	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	25	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	26	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	27	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	28	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	29	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	30	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	31	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	32	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	33	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	34	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	35	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	36	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	37	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	38	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	39	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	40	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	41	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	42	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	43	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	44	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	45	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	46	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	47	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	48	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	49	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	50	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	51	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	52	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	53	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	54	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	55	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	56	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	57	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	58	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	59	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	60	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	61	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	62	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	63	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	64	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	65	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	66	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	67	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	68	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	69	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	70	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	71	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	72	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	73	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	74	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	75	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	76	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	77	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	78	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	79	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	80	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	81	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	82	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	83	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	84	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	85	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	86	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	87	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	88	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	89	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	90	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	91	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	92	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	93	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	94	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	95	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso público	96	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso misto	97	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso residencial	98	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso comercial	99	100	100	100
Índice de aproveitamento para edificações de uso industrial	100	100	100	100

Figura 02: Planilha de configuração da volumetria das edificações

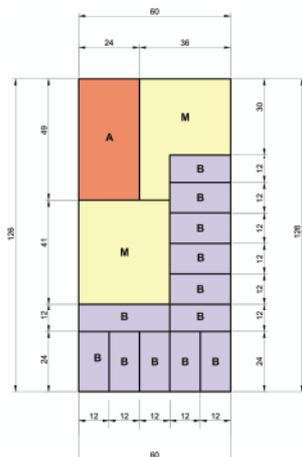
4.1.3 Etapa 3: Definição das tipologias de quadra

Nessa etapa são definidas as opções de **forma, orientação e densidade das quadras** urbanas para a área em questão. Da mesma maneira como no caso das edificações, é possível incluir três opções de geometria de quadra (Quadra Tipo 1, Quadra Tipo 2 e Quadra Tipo 3), relacionadas a diferentes proporções entre seus lados. Além da geometria, também há possibilidade de variação das quadras quanto ao uso do solo, densidade e gabarito de altura, por meio da combinação de lotes com edificações de baixa, média e alta densidades e usos residenciais e comerciais, compondo quadras *Layout 1*, *Layout 2* e *Layout 3*. A previsão de diferentes

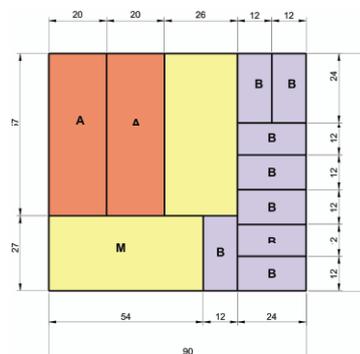
tipologias de quadra, seja com relação à geometria, seja com relação à densidade, contribui para a composição de tecidos urbanos diversificados, subsidiando a comparação de desempenho energético entre tecidos urbanos diferenciados quanto às condições de insolação, ventilação e aproveitamento do solo urbano. Nessa etapa são realizados os seguintes procedimentos:

1. Cálculo do total de lotes com edificações de baixa, média e alta densidades;
2. Partindo-se desse total, devem ser elaboradas as propostas de composição ou arranjo interno das várias opções de quadra mediante método gráfico, realizado de forma complementar à metodologia proposta, conforme esquemas a seguir. A distribuição de lotes por face de quadra é importante para propiciar condições bioclimáticas mais adequadas para as edificações, tanto no que tange à priorização de orientações geográficas mais favoráveis quanto pela previsão de cânions urbanos adequadamente dimensionados. Além disso, em climas quentes e úmidos, recomenda-se, em geral, a diferenciação de gabaritos de altura e formas das edificações, para facilitar a ventilação urbana (GIVONI, 1998). Para isso, sugere-se esquematizar um layout para cada tipologia de quadra, conforme a seguir.

Quadra Tipo 1 – Layout 1



Quadra Tipo 2 – Layout 2



Legenda: A - Lote com edificações de alta densidade; M - Lote com edificações de média densidade; B - Lote com edificações de baixa densidade

Figura 3: Exemplos de configuração de quadras

3. Com base na distribuição dos lotes nas quadras, são fornecidos ao sistema as seguintes informações:
 - a. Número de edifícios com comprimento voltado para as faces norte, sul, leste e oeste da quadra, por tipologia de edificação;
 - b. Número de edifícios localizados nos vértices das quadras, para quantificação de número de edifícios por orientação geográfica principal;

- c. Número de edificações, por tipologia e densidade, com comprimento e largura voltados para cada uma das faces de quadra e por orientação geográfica.

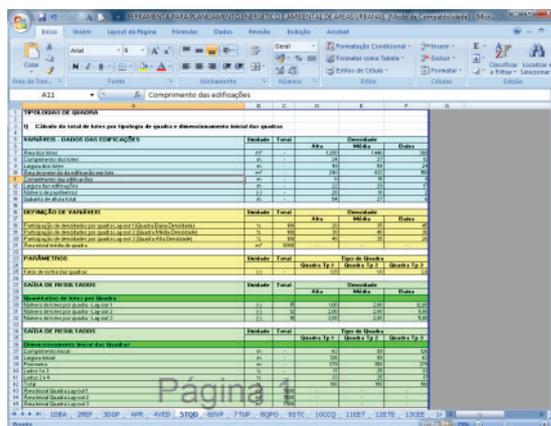


Figura 04: Planilha de configuração de tipologias de quadra

Os principais resultados dessa etapa, constantes da planilha de “Tipologias de Quadra” (Figura 04), abrangem:

- Dimensões, área total, área construída e área ocupada das quadras, por tipo de geometria e densidade;
- Densidade construída e populacional das quadras;
- Gabarito médio e máximo de altura das edificações das quadras;
- Quantitativo de tipologias de edificações por orientação geográfica, por densidade, uso e tipo de quadra;
- Áreas e comprimentos totais de fachadas das edificações, por orientação norte, sul, leste e oeste, e tipologia de quadra.

As quadras configuradas nessa etapa são utilizadas para composição das opções de tecido urbano.

4.1.4 Etapa 4: Definição da seção viária preliminar e das opções de tecido urbano

A definição da seção viária preliminar é o primeiro passo na da malha urbana, sendo considerada a limitação imposta pelo ângulo de obstrução do cânion urbano, esquematizado na Figura 05, bem como as premissas de largura viária mínima.

De acordo com Santamouris (2001), o ângulo de obstrução (α) é resultado da relação do gabarito de altura das edificações opostas e da largura viária, sendo calculado por meio de Carta Solar específica para cada latitude com o apoio de um transferidor, considerando a curva referente ao Solstício de Inverno (22/06), conforme esquematizado na Figura 06, para o Município de São Paulo. Nesse exemplo, referente à latitude do município de São Paulo e orientação Norte, o

ângulo de obstrução é igual a aproximadamente 50° , conforme indicado na linha pontilhada no Gráfico.

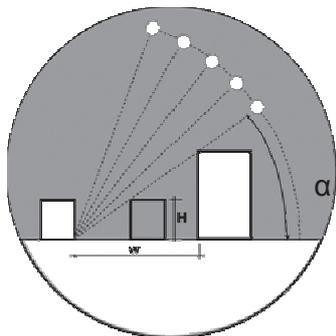


Figura 05: Representação esquemática do cânion urbano e do ângulo de obstrução (α)

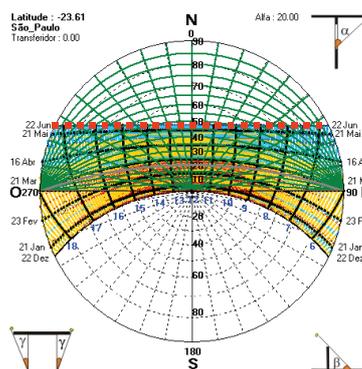


Figura 06: Exemplo de Carta Solar com marcação do ângulo complementar ao ângulo de obstrução (UFRS, 2001)

Na ferramenta desenvolvida, adota-se o maior gabarito de altura disponível entre as edificações adjacentes à via como referência para cálculo do ângulo de obstrução. Dessa forma, deverão ser determinados ângulos de obstrução para cada eixo viário, cujo valor é dependente da distribuição das edificações por face de quadra.

Do ponto de vista da circulação e do transporte urbano, a seção viária (SV) pode ser formada pela composição de diversos elementos disponíveis na base de dados da ferramenta, a serem incluídos conforme diretrizes específicas de cada projeto e em consonância com os modos de transporte, incluindo:

- **Passeio público:** inclui a faixa livre de circulação de pedestres, faixa geral reservada para instalação de mobiliário urbano (bancos, lixeiras), redes de utilidades (telefone público, postes, poços de visita) e vegetação, além de impedâncias ou obstruções à circulação (afastamento das fachadas, de muros e do meio-fio);
- **Ciclovia:** leito viário exclusivo para o transporte cicloviário;
- **Faixas viárias:** inclui faixas para circulação de veículos em geral, faixas exclusivas para tráfego de transporte público e faixas dedicadas a estacionamento;
- **Outros:** estações de embarque e desembarque, baias e canteiros centrais.

Assim sendo, além da referência de largura mínima da seção viária, estabelecida pela legislação urbanística de cada local e para cada tipo de via, é possível definir uma configuração inicial com base na associação de elementos viários, para várias capacidades e aplicações viárias.

A seção viária preliminar corresponderá, portanto, ao maior valor entre a largura viária mínima e a largura mínima imposta pelo ângulo de obstrução do cânion

urbano. Sendo assim, a ferramenta computacional realiza uma primeira compatibilização de necessidades microclimáticas e de circulação urbana. Na etapa seguinte, relativa à definição do sistema de circulação e transporte, a área preliminar reservada para sistema viário é verificada segundo as necessidades das diversas alternativas de sistema de mobilidade. A Figura 07 mostra a planilha de cálculo da seção viária preliminar, parte da ferramenta computacional.

	Unidade	Unidade: Tr	Unidade: Tr 2	Unidade: Tr 3	Unidade: Tr 4
1	Parque urbano	100	100	100	100
2	Largura mínima - viária	10	10	10	10
3	Largura mínima - sistema	10	10	10	10
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Figura 07: Planilha de configuração da seção viária preliminar

Definidos os fatores de participação de cada tipo de quadra e via, são então configuradas as várias opções de tecido urbano e calculados os quantitativos urbanísticos.

Os resultados dessa etapa incluem:

- A largura do sistema viário local, estrutural e arterial;
- A área do sistema viário por tipo de quadra;
- Número de quadras, lotes e edificações por Opção de Tecido Urbano.

4.1.5 Etapa 5: Quantitativo preliminar de população

Com base nas opções de tecido urbano definidas na etapa anterior são calculados nessa planilha os totais preliminares de população, incluindo: população residente: população domiciliada no conjunto de unidades habitacionais previstas para a área em estudo; população empregada/ estudante: pessoas estudam ou que trabalham nos edifícios comerciais; população fixa: população permanente da área, sendo composta pela somatória da população residente e empregada; população flutuante: número médio de pessoas que não habitam, não trabalham e não estudam na área em questão, mas que a ela se dirigem frequentemente para consumo de mercadorias, bens e serviços; população de passagem: total de pessoas com origem e destino em regiões distintas da área de estudo, mas que necessitam passar pela

área em questão devido à configuração da rede de transporte; população total: média total de pessoas que ocupam a área analisada, sendo composta pela somatória da população fixa e população flutuante; e demanda total potencial por sistemas de transporte: incluindo modos motorizados ou não-motorizados, para viagens de curta ou longa distância, a demanda é formada pela somatória da população total e da população de passagem. Os resultados de população são utilizados no pré-dimensionamento de sistemas de circulação e transporte e também nas análises de consumo de energia e densidade populacional.

4.1.6 Etapa 6: Definição do sistema de transporte e circulação

O planejamento integrado do sistema de transporte e do uso e ocupação do solo em áreas urbanas – morfologia e mobilidade urbanas - é fundamental para que se possa simultaneamente adequar a demanda e a capacidade dos sistemas, auxiliando na configuração de uma divisão adequada e eficiente de modos de transporte. Para incentivar o transporte não-motorizado, por exemplo, é importante que passeios públicos e/ ou ciclovias sejam adequadamente dimensionados e tratados para deslocamento ágil, seguro e confortável para os pedestres. Por outro lado, sistemas de transporte público estruturados requerem demanda mínima para serem viáveis financeiramente. E todas essas estratégias e soluções, e seu nível de articulação e integração, impactam nos níveis de consumo energético.

Nessa etapa a ferramenta propicia as seguintes funcionalidades:

- Cálculo do total de viagens diárias, horárias e por hora-pico, com base nas viagens totais, na divisão dos modos de transporte e nos fatores hora-pico. Nesse caso, consideram-se as viagens individuais realizadas pelos passageiros e não as viagens realizadas por veículo. No caso dos sistemas de transporte público coletivo, devem ser observadas os limites de capacidade máxima e mínima por modo de transporte; Cálculo do fluxo de pedestres, bicicletas e veículos, por tipo de via;
- Cálculo da seção viária destinada à circulação de pedestres, bicicletas e veículos, por tipo de via;
- Cálculo da seção viária total (passeio públicos, ciclovia e faixas de circulação), por tipo de via.

A Figura 08 a seguir corresponde à seção de uma via, considerando a participação dos diversos elementos viários, cuja definição é também produto da ferramenta computacional desenvolvida.

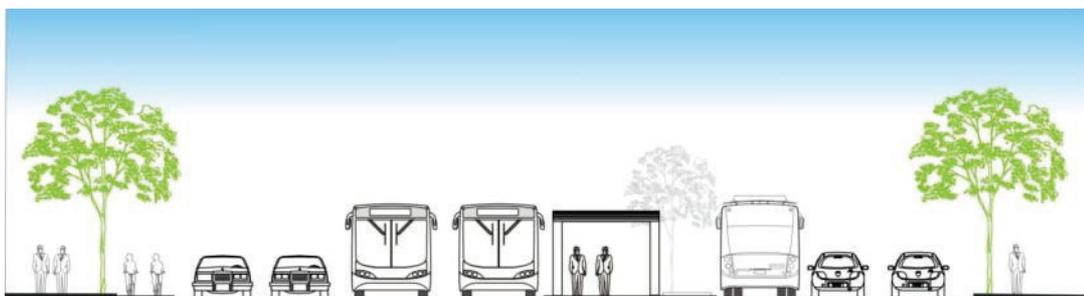


Figura 08: Exemplo de seção viária a ser definida com uso da ferramenta computacional

4.1.7 Etapa 7: Verificação da seção viária e quantitativo final

Nessa planilha os resultados das seções viárias da etapa anterior são comparados com as dimensões viárias mínimas inicialmente previstas quando da definição do tecido urbano preliminar. A seção viária final, por tipo de via, é calculada como o **maior valor entre eles** de forma que se possa atender simultaneamente à **demanda de transporte e circulação e à demanda para insolação das edificações, relativamente ao cânion urbano**. Com a definição das seções viárias finais, são então recalculados os quantitativos anteriormente detalhados, referentes à população, áreas urbanas, área construída, número de edificações, lotes e quadras, entre outros. A planilha referente à verificação da seção viária e cálculo dos quantitativos finais está exemplificada na Figura 09.

Figura 09: Planilha de compatibilização do cânion urbano e seção viária e quantitativo final de áreas, quadras, edificações e população

4.1.8 Etapa 8: Consumo energético em transporte urbano de passageiros

Conforme análise integrada adotada, o consumo de energia e de combustível, bem como as emissões de poluentes referentes à rede de transporte de uma área, são condicionadas pelas definições da morfologia urbana e do sistema de transporte e circulação, assim como pelas tecnologias veiculares e combustíveis utilizados. As características de uso e ocupação do solo fornecem insumos para a divisão dos modos de transporte, impactando nos níveis de motorização e na participação de

sistemas individuais e coletivos. Por sua vez, o planejamento do uso e ocupação do solo com base no uso misto, em combinação com a oferta de infra-estrutura adequada de transporte urbano, também contribui para a redução das distâncias de deslocamento para realizar atividades cotidianas, diminuindo-se, assim, a distância total percorrida. Do ponto de vista tecnológico, são ainda fundamentais o tipo e a qualidade dos combustíveis utilizados, além da capacidade de transporte dos modos adotados e do rendimento dos veículos.

As seguintes tecnologias e combustíveis veiculares foram previamente incluídos na base de dados da ferramenta, com base na frota atual de veículos de transporte de passageiros na Região Metropolitana de São Paulo (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2008) e em políticas brasileiras de médio prazo - 10 a 20 anos (EPE, 2008),:

- **Transporte público:**

- Ônibus a diesel - assumida a utilização de 100% de combustível diesel;
- Ônibus a etanol - assumida a utilização de 100% de combustível etanol;
- Veículo leve sobre trilho (VLT) - tração elétrica, com fornecimento de energia de acordo com o sistema de oferta de energia a ser definido de em cada projeto;
- Metrô subterrâneo - tração elétrica, com fornecimento de energia a ser definido em cada projeto, sendo o Sistema Interligado Nacional adotado como referência.

- **Transporte individual (automóvel):**

- Veículo leve tipo “flexfuel”, com 75% de álcool hidratado e 25% de gasolina C;
- Veículo leve a gasolina C, com 22% de álcool anidro e 78% de gasolina C.

A ferramenta computacional, já inclui três cenários pré-configurados em sistemas de transporte, embora outros possam ser livremente configurados. Os cenários já estruturados são baseados em possíveis políticas diferenciadas para transporte público coletivo, abrangendo:

- **Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis:** cenário mais conservador, caracterizado por ônibus a diesel nos sistemas de média e baixa capacidade de transporte público coletivo;
- **Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis/biocombustíveis:** cenário intermediário, abrange ônibus a etanol nos os sistemas de média e baixa capacidade de transporte coletivo;

- **Cenário 3 – Transporte público com eletricidade e combustíveis renováveis: cenário mais ousado**, inclui ônibus a etanol para a rede de baixa capacidade e sistemas estruturados de média capacidade movidos à tração elétrica, como veículos leves sobre trilhos ou pneus, ou mesmo ônibus a hidrogênio.

Com base nas possibilidades apresentadas e partindo da configuração do sistema de transporte e circulação e de parâmetros de consumo de combustível e energia em transportes urbanos de passageiros, a ferramenta gera os seguintes resultados, nessa etapa:

- Quilometragem anual total, por meio de transporte e opção de tecido urbano;
- Consumo anual de combustível, por opção de tecido urbano e cenário de transporte;
- Consumo anual de energia, por opção de tecido urbano e cenário de transporte.

A Figura 10 a seguir ilustra parcela dos cálculos efetuados por meio da planilha de consumo energético em transportes urbanos, parte da ferramenta computacional.

Figura 10: Planilha de cálculo do consumo energético do sistema de transportes

4.1.9 Etapa 9: Definição dos níveis de eficiência energética em edifícios

Nessa etapa, são definidos os níveis de eficiência energética em edificações, com base em estratégias a serem selecionadas a cada projeto, com o consumo específico de energia e no consumo desagregado por usos finais, para identificar os potenciais de redução do consumo.

O consumo específico é expresso em energia consumida por área útil (kWh/m² ano), e varia conforme o uso da edificação, sendo utilizados como ponto de partida os seguintes valores, passíveis de modificação: **edifícios comerciais:** 100 kWh/m² ano, na área de escritórios e excetuando o consumo energético com circulação

vertical (ROMERO, 2008, informação verbal¹); **edifícios residenciais**: foi estimado em 40 kWh/m² ano (com base em EPE (2008a) e SEADE (2007)). O **consumo desagregado por usos finais** indica a participação de cada instalação, dispositivo, sistema ou grupo de equipamentos no consumo total das edificações, dependendo da tipologia e uso de edificação e de cada região, constituindo, portanto, um dado de entrada para a ferramenta de simulação.

As seguintes estratégias para eficiência energética já estão previstas na base da ferramenta computacional:

- **Soluções passivas para conforto térmico e iluminação**, com o objetivo de reduzir o consumo com condicionamento e iluminação artificiais, incluindo:

Em edifícios comerciais:

- Uso de cores claras, para adequação do albedo da cobertura das edificações;
- Orientação geográfica favorável das fachadas;
- Aproveitamento da luz natural das aberturas;
- Aproveitamento da luz natural com prateleiras de luz com alcance de 2,5 e 4,0 vezes a altura do piso ao limite superior das aberturas ;
- Redução do aquecimento com radiação solar devido à orientação das fachadas;
- Sombreamento de aberturas;
- Ventilação natural diurna ou noturna - aberturas perpendiculares à direção predominante dos ventos.

- **Soluções para renovação tecnológica** de equipamentos domésticos e para uso em edifícios comerciais, além de sistemas de iluminação artificial.

Edifícios comerciais:

- Utilização de equipamentos elétricos mais eficientes;
- Sistemas de iluminação artificial mais eficientes energeticamente;
- Sistema de iluminação artificial mais eficientes energeticamente e prateleiras de luz com alcance de 2,5 e 4,0 vezes a distância do piso ao limite superior das aberturas.

Em edifícios residenciais:

- Utilização de equipamentos elétricos mais eficientes;
- Sistemas de iluminação artificial mais eficientes energeticamente.

¹ Informação fornecida pelo Prof. Marcelo Romero na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, em São Paulo, em 2009.

Com base nas premissas apresentadas, o sistema computacional foi estruturado para realizar os seguintes procedimentos:

- Cálculos preliminares de apoio à estimativa dos níveis de eficiência energética, incluindo balanço térmico e quantitativos preliminares;
- Cálculo de zonas passivas e ativas das edificações, com relação à iluminação e à ventilação naturais;
- Cálculo dos níveis de eficiência energética – Níveis 01, 02 e 03 (edifícios comerciais) e Nível 01 (edifícios residenciais) e consumos de energia resultantes.

Os procedimentos são executados por tipologia de edificação e os resultados são expressos em termos de consumo e níveis de eficiência energética específicos (kWh/ m² ano). A Figura 23 ilustra os cálculos efetuados nessa etapa, utilizando a ferramenta computacional.

4.1.10 Etapa 10: Cálculo do consumo total de energia em edificações e da área urbana

O consumo total de energia de edificações abrange o consumo final resultante da aplicação do nível de eficiência energética sobre o consumo inicial considerado, e multiplicado pela área construída e útil total das edificações, conforme tipologias, usos e densidades construídas em questão. Os resultados da estimativa de consumo de energia em edificações são então adicionados às estimativas de consumo do sistema de transportes urbanos de passageiros (Item 4.2.8). Considerando cada opção de eficiência energética em edifícios e os cenários definidos para o sistema de transporte, são compostos os consumos totais de energia a serem adotados como referência para pré-dimensionamento dos sistemas de geração e fornecimento energético. Esses procedimentos, por sua vez, são parte da planilha de consolidação do consumo de energia, conforme exemplificado na Figura 11.

CONSUMO DE ENERGIA TOTAL EM EDIFICAÇÕES				
Tipo de Consumo	Valor	Consumo Direto	Consumo Indireto	Consumo Total
CONSUMO DE ENERGIA TOTAL EM EDIFICAÇÕES				
TOTAL				
Estrutura de infraestrutura - Demanda energética de estruturas energéticas	1.000.000	88.878.432	802.008.437	890.886.869
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		97.002.631	812.539.878	909.542.509
Estratégias Nivel 1				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540
Estratégias Nivel 2				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540
Estratégias Nivel 3 - Opção 1				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540
Estratégias Nivel 3 - Opção 2				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540
Estratégias Nivel 3 - Opção 3				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540
CONSUMO TOTAL				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540
CONSUMO TOTAL ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA				
Edifícios	1.000.000	80.081.200	22.408.342	102.489.542
Transporte	1.000.000	8.122.999	8.122.999	16.245.998
Subtotal		88.204.199	30.531.341	118.735.540

Figura 11: Planilha de cálculo do consumo total de energia em edificações

O consumo total de energia é expresso no seu valor total e também estratificado em eletricidade, aquecimento e resfriamento, além do consumo direto de combustíveis em sistemas de transporte baseados em veículos a combustão, abrangendo automóveis a gasolina e a etanol, e ônibus a diesel e etanol.

Nessa etapa são gerados, portanto, os seguintes resultados totais para a área em planejamento:

- **Consumo total anual de energia elétrica**, referente a edificações e sistemas de transporte à tração elétrica;
- **Consumo total anual de aquecimento**, para atendimento ao consumo de água quente para banho e provimento de aquecimento ambiental em edifícios, se necessário;
- **Consumo total anual de resfriamento**, para atendimento ao consumo de energia para resfriamento ambiental em edificações;
- **Consumo total anual de combustíveis com o sistema de transporte**, para a área em estudo;
- **Consumo de energia total**, para a área em estudo.

4.1.11 Etapa 11: Definição dos sistemas de oferta de energia

O escopo dos sistemas de oferta de energia inclui basicamente opções de produção e fornecimento energético em escalas distrital e predial. É possível também caracterizar o sistema regional (grande escala), baseado nas grandes centrais hidrelétricas e termelétricas parte do SIN. A metodologia permite ainda adicionar alternativas de sistemas de geração, desde que adequadamente observados e inseridos os parâmetros necessários.

Os principais critérios que orientaram a seleção dos sistemas de geração de energia constantes da base de dados preliminar da ferramenta em questão abrangeram a adoção de recursos residuais disponíveis nos centros urbanos ou próximo a eles, incluindo biogases de aterros sanitários, biogases provenientes de gaseificação de biomassa, calor de processo de processos industriais e usinas termelétricas, para otimização de recursos e para fechamento de ciclos ecológicos; a seleção de tecnologias e processos de geração com elevados fatores de eficiência global de conversão² e em estágio de desenvolvimento que permita a inserção comercial no curto prazo; a valorização da eficiência exergética sempre possível; O sistema de oferta de energia foi assumido como sempre conectado à rede elétrica regional de energia, para a qual a energia gerada no distrito ou no edifício é vendida e a diferença em relação ao consumo da unidade corresponde ao total efetivamente a ser pago (conceito de *smart grid*).

Os seguintes sistemas de geração de energia e suas características técnicas pertinentes encontram-se cadastrados na base de dados do sistema, referentes a:

- **ESCALA LOCAL/ PREDIAL:**

- **Sistemas de geração de eletricidade**

- Turbinas e motores a cogeração, utilizando biogás ou gás natural;
- Células a combustível a gás natural;

- **Sistemas para aquecimento**

- Coletores solares;
- Aquecedores de água a gás natural;
- Aquecedores de água elétricos;
- Bombas de calor a ar;
- Calor de processo dos sistemas de cogeração ou células a combustível;

- **Sistemas para resfriamento**

- Chillers de absorção associados a coletores solares;
- Sistemas de ar condicionado;
- Bombas de calor a ar;
- Chillers de absorção associados ao calor de processo de sistemas de cogeração ou células a combustível.

- **ESCALA DISTRITAL:**

² Refere-se à eficiência total do processo de transformação energética, desde a entrada do combustível ou recurso na usina, ou tecnologia de geração, até a energia elétrica ou térmica disponível para uso final, na saída da unidade geradora. Além da eficiência global, o fator de carga também é um parâmetro fundamental para estimativa da capacidade instalada, definido como o percentual da operação possível de ser executado em um ano, devido a limitações na disponibilidade de recursos energéticos ou operacionais da própria tecnologia.

- **Sistemas de geração de eletricidade**
 - Turbina e motores a cogeração, utilizando biogás (gás metano de aterros sanitários, biodigestores, biomassa), biomassa sólida ou gás natural;
 - Células a combustível a gás natural.
- **Sistemas para aquecimento**
 - Central de aquecimento solar com tanque de armazenamento;
 - Centrais a vapor, com incineração de resíduos sólidos urbanos;
 - Calor residual de processos industriais;
 - Bombas de calor a ar;
 - Calor de processo de sistemas de cogeração ou de células a combustível gás natural;
 - Rede de aquecimento distrital
- **Sistemas para resfriamento**
 - Chillers de absorção associados às centrais de aquecimento solar com tanque de armazenamento;
 - Bombas de calor a ar;
 - Chillers de absorção associados às centrais a vapor, com incineração de resíduos sólidos urbanos;
 - Chillers de absorção associados ao calor residual de processos industriais;
 - Chillers de absorção associados ao calor de processo de sistemas de cogeração, incineração ou células a combustível gás natural.
 - Rede de resfriamento distrital.



Figura 12: Esquema de sistema de aquecimento distrital. Fonte: DHC Technology Platform (2009)

- **ESCALA REGIONAL:**

- **Sistemas de geração de eletricidade**
 - Centrais hidrelétricas e termelétricas de grande capacidade, parte do SIN.

gerando subtotaís relativamente à energia das unidades geradoras e também à energia e aos combustíveis utilizados nos transportes urbanos de passageiros, bem como as emissões totais por tipo de poluente local e as emissões de GEE, considerando os diferentes níveis de consumo energético, sistemas de geração de energia, e tecnologia e combustível em transportes urbanos, ou seja, para cada Situação Urbana diferenciada.

4.1.13 Etapa 13: Consolidação de resultados e indicadores principais

Finalmente, os principais resultados e indicadores obtidos ao longo dos procedimentos anteriormente detalhados, bem como de indicadores finais resultantes da composição de resultados são reunidos em planilhas e gráficos comparativos finais, a fim de suportar o planejamento integrado urbano, ambiental e energético, abrangendo:

A. Resultados de População:

- a. População total, residencial, empregada e flutuante;

B. Resultados de Morfologia Urbana:

- a. Área construída, ocupada, verde, viária e livre;
- b. Número de edificações residenciais, comerciais, total e unidades habitacionais;

C. Resultados de Mobilidade Urbana:

- a. Seções viárias – vias locais, estruturais e arteriais;

D. Resultados de Energia:

- a. Consumo de energia em edificações, total e desagregado em eletricidade e energia para aquecimento e resfriamento;
- b. Consumo de combustíveis em transportes urbanos fósseis e renováveis;
- c. Consumo energético total;
- d. Capacidade instalada – sistemas regional, distrital e local;

E. Resultados de Meio Ambiente:

- a. Emissões totais de poluentes locais e GEE.

A. Indicadores populacionais:

- a. Densidade populacional geral (população fixa/ km²);
- b. Densidade residencial (população residente/ km²);
- c. Densidade de empregos (população empregada/ km²).

B. Indicadores de morfologia urbana:

- a. Densidade ocupada (área ocupada/ área total);
- b. Densidade construída (área construída/ área total);

- c. Densidade viária (área viária/ área total);
- d. Densidade verde (área verde pública/ área total);
- e. Densidade de área livre (área livre/ área total);
- f. Área verde pública por habitante (área verde pública/ população residente).

C. Indicadores de mobilidade urbana:

- a. Taxa de motorização (número de automóveis/ população residente);

D. Indicadores de edificações:

- a. Participação da área passiva sobre a área total das edificações (%).

E. Indicadores em consumo e geração de energia:

- a. Consumo específico de energia em edificações, utilizando medidas de eficiência de caráter simples – Nível 1 (kWh/ m² ano);
- b. Consumo específico de energia em edificações, utilizando medidas de eficiência de caráter simples que requerem mudança de estilo de vida – Nível 2 (kWh/ m² ano);
- c. Consumo específico de energia em edificações, utilizando medidas de eficiência que requerem investimentos adicionais – Nível 3 (kWh/ m² ano).
- d. Consumo de energia em edificações por população fixa (kWh/pessoa ano);
- e. Consumo de energia em edificações por população residente (kWh/ hab. ano);
- f. Consumo médio geral de energia em transportes urbanos, por passageiro transportado (kWh/ passageiro);
- g. Consumo médio total de energia (edificações e transportes urbanos), por população residente (kWh/ habitante ano);
- h. Consumo de combustível utilizado em transportes urbanos por população fixa (litros de combustível/ habitante ano);
- i. Capacidade instalada por habitante (kW/ habitante).

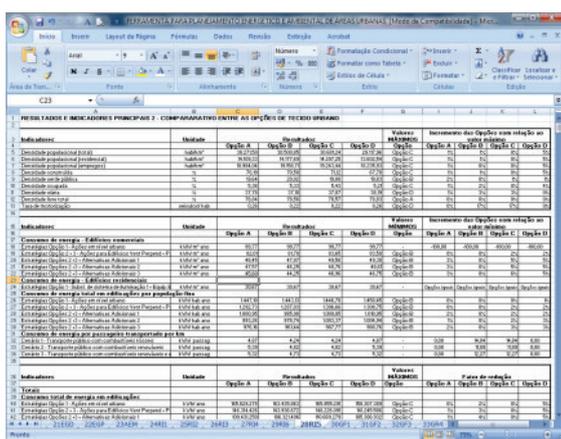
F. Indicadores ambientais:

- a. Participação da energia renovável sobre o consumo energético total;
- b. Emissão média de poluentes resultantes da operação do sistema de transporte, por passageiro transportado (gramas/ passageiro transportado);
- c. Emissão de poluentes resultantes da geração de energia por população residente (gramas de poluentes/habitante);
- d. Emissão de poluentes resultantes da geração de energia por população fixa (gramas de poluentes/pessoa).

G. Outros indicadores de apoio à comparação de cenários

- a. Indicador comparativo percentual entre as Opções de Tecido Urbano, no que se refere às densidades populacionais, uso e ocupação do solo, consumo de energia em edificações, transportes urbanos e total, bem como emissões de poluentes e gases de Efeito Estufa, de modo a identificar possíveis vantagens e desvantagens das diferentes configurações aplicadas à mesma área, com base no planejamento integrado;
- b. Indicador comparativo da capacidade instalada e emissões de poluentes entre os diferentes sistemas de geração de energia previstos em escala regional, distrital e predial, de modo a quantificar implicações quanto à eficiência do processo de conversão energética, perdas de distribuição e impacto das emissões de poluentes associados;
- c. Indicador comparativo entre os cenários de transporte no que tange ao consumo de energia e emissão de poluentes.

A seguir são relacionados alguns exemplos das planilhas de resultados, indicadores e gráficos gerados.



The screenshot shows a spreadsheet with the following structure:

Indicadores	Unidade	Opções de Tecido Urbano				Valores Médios	Incremento das Opções em relação ao Valor Médio			
		Opção A	Opção B	Opção C	Opção D		Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
Densidade populacional total	hab/km²	10000	12000	15000	18000	10000	2000	5000	8000	
Densidade populacional predial	hab/km²	8000	10000	12000	15000	8000	2000	4000	7000	
Densidade populacional comercial	hab/km²	5000	6000	8000	10000	5000	1000	3000	5000	
Densidade populacional residencial	hab/km²	3000	4000	7000	10000	3000	1000	1000	0	
Densidade populacional industrial	hab/km²	2000	2000	2000	2000	2000	0	0	0	
Densidade populacional terciária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional quaternária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional quinquária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional sexquária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional setuária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional octuária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional nonuária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional decuária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional undecimária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional duodecimária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional tredecimária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional quattuordecimária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional quindecimária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional sexdecimária	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional septuagésima	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional octogésima	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional nonagésima	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	
Densidade populacional centésima	hab/km²	1000	1000	1000	1000	1000	0	0	0	

Figura 14: Resultados e indicadores – Comparativo entre alternativas em situações urbanas

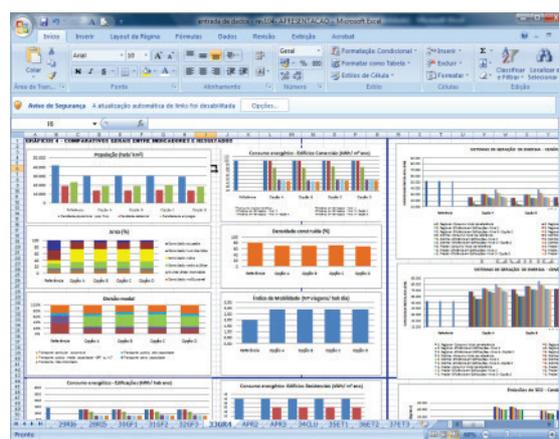


Figura 15: Gráficos comparativos de resultados e indicadores urbanísticos, ambientais e energéticos

Finalmente, utilizando os resultados e indicadores gerados por meio da aplicação da ferramenta computacional, é possível então partir para concepção formal de tecidos urbanos e propostas locais para quadras, edificações e seus respectivos níveis de eficiência energética, densidades populacionais e construídas, sistema viário e de transportes, áreas verdes assim como possíveis unidades de geração de energia localmente, conforme exemplificado no esquema a seguir.

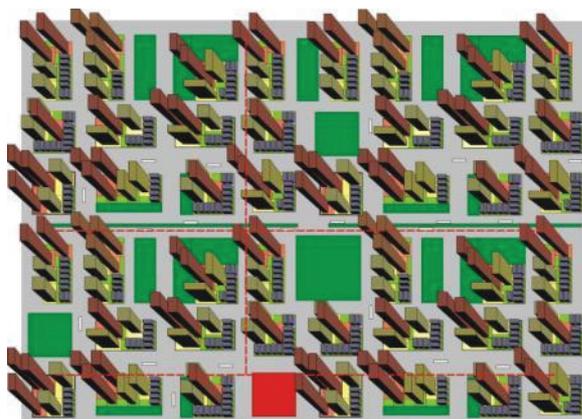


Figura 16: Exemplo de configuração urbana utilizando os resultados e indicadores gerados por meio da aplicação da ferramenta computacional

4.2 Aplicação da ferramenta computacional no caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo

4.2.1 A área da operação urbana Água Branca

A operação urbana Água Branca, prevista no Plano Diretor de São Paulo e detalhada na Lei Municipal Nº 11.774/95 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 1995), está em uma região de urbanização consolidada do município, próxima a importantes eixos viários (Av. Marginal do rio Tietê, Av. Pacaembu, Elevado Costa e Silva), de transporte público de alta capacidade (linhas de trem e metrô) e também do centro da cidade, conforme indicado na Figura 17, sendo atualmente objeto de planos e projetos de requalificação urbana, coordenados pela Empresa Municipal de Urbanização de São Paulo - EMURB.



Figura 17: Visão geral da área da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo (EMURB, 2009)

A área da operação urbana Água Branca foi selecionada como estudo de caso para aplicação metodológica, já que permite incluir a integração de grande parte das iniciativas previstas ao mesmo tempo em que os resultados do estudo possam vir a contribuir para o planejamento atual daquela área. A operação urbana Água Branca

tem 5,40 km² de área total. Dessa área, 2,64 km² foram considerados adequados para aplicação metodológica no que tange ao planejamento de sua ocupação por usos residenciais, comerciais e sistema de circulação e transporte. O mapa da Figura 18 mostra a distribuição dos usos e a região selecionada para aplicação metodológica, constantes da área da operação urbana Água Branca.

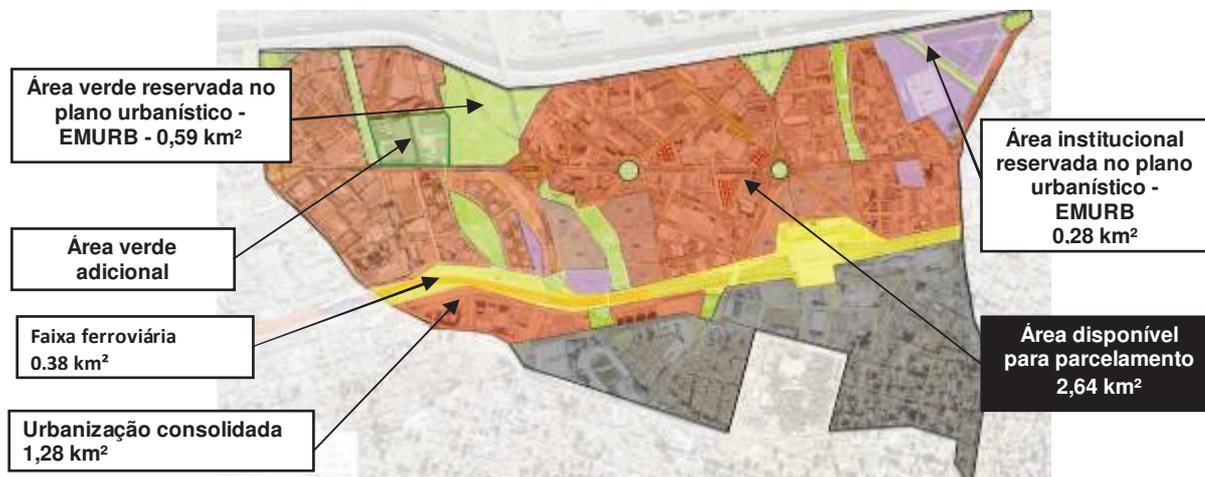


Figura 18: Distribuição das áreas e delimitação da área do estudo de caso (elaboração própria)

4.2.2 Definição da Situação de Referência

Para definição da Situação de Referência no caso da operação urbana Água Branca, foi assumida a atual proposta do plano urbanístico coordenado pela EMURB como referencial de parcelamento, uso e ocupação do solo, bem como densidade demográfica. O plano preconiza o adensamento populacional e construído, o uso misto areado solo e a reserva de áreas verdes e de lazer, entre outros aspectos. Sobre a área total disponível para ocupação por lotes, foram aplicados coeficiente de aproveitamento básico para a área (1,0) e taxa de ocupação de 50%, conforme parâmetros urbanísticos da legislação municipal (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004a). Foi também considerada a densidade demográfica de 18.571 habitantes por km² (população residente), com base nos valores previstos no plano urbanístico da EMURB. Foi adotada a média de 3,20 habitantes por unidade habitacional (FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS, 2008), para fins de estimativa da população final residente e do número de domicílios. Relativamente à população empregada, de passagem e população flutuante, foram utilizados os mesmos fatores adotados para a simulação das situações urbanas. Foi utilizada a divisão de modos de transporte e o índice de mobilidade médio atuais da Região Metropolitana de São Paulo, segundo a pesquisa Origem-Destino 2007 (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2008). Para outras variáveis relacionadas ao sistema de transporte, foram utilizados os valores

constantes da base referencial e aplicados também para as diversas situações urbana. Com relação ao fornecimento de energia elétrica, foi assumido o Sistema Interligado Nacional. Quanto ao consumo específico de energia em edificações e em transportes urbanos de passageiros, bem como aos fatores de emissão de poluentes e ao uso de combustível na frota veicular, foram adotados os valores referenciais correntes anteriormente citados quando da descrição dos procedimentos para uso da ferramenta computacional.

4.2.3 Premissas para definição das alternativas em Situações Urbanas

Com relação à morfologia urbana, foram consideradas três densidades de edificação – alta, média e baixa, três opções em geometria, orientação e densidade das quadras, resultando em nove possibilidades de quadra para composição dos tecidos urbanos, quatro opções em tecidos urbanos – Opção A, Opção B, Opção C e Opção D (conforme distribuição de tipos de quadra apresentada no Anexo 1), no qual o sistema viário composto é classificado em vias locais, estruturais e arteriais.

Quanto à mobilidade urbana, foram considerados modos de transporte não-motorizados (a pé e bicicleta) e motorizados (automóveis; ônibus - baixa capacidade; BRT – Bus Rapid Transit e VLT – Veículo Leve sobre Trilhos – média capacidade). Foi adotado o índice de mobilidade de 2,85 viagens por habitante por dia, prevendo a ampliação das condições de mobilidade com relação ao adotado na situação de referência (Índice de mobilidade igual a 1,96). Foram previstos automóveis a etanol e à gasolina e sistemas de transporte público a diesel, etanol e à tração elétrica, compondo três cenários em sistemas de transportes urbanos. Com relação à edificações, há possibilidade de escolha de cinco níveis de eficiência energética (Nível 1, Nível 2, Nível 3 - Opção 1, Nível 3 - Opção 2, Nível 3 - Opção 3) em edificações comerciais e um nível de eficiência energética em edificações habitacionais. Foram consideradas três escalas em sistemas de geração e fornecimento energético (eletricidade, calor e frio) – Sistema regional (SIN) associado a aquecimento solar, e sistema distrital e sistema predial, utilizando biogases.

4.2.4 Resultados

Considerando quatro opções de tecido urbano (A, B, C e D), três escalas de fornecimento energético (regional, distrital e predial), três cenários em transportes urbanos (1, 2 e 3), e seis principais níveis de eficiência energética em edifícios, foram configuradas e simuladas simultaneamente 216 Situações Urbanas

Diferenciadas para a área do estudo de caso, além da Situação de Referência, utilizando a ferramenta computacional desenvolvida. A tabela disponível no Anexo 01 desse documento traz os principais resultados quantitativos das simulações efetuadas, pois o conjunto de resultados e indicadores parciais é extenso e, por isso, está disponível apenas no volume da tese de doutorado. A tabela do Anexo 01 também traz o incremento da média das Opções de Tecido Urbano em relação à Situação de Referência. Valores negativos para esse incremento devem ser entendidos como decréscimos com relação à Situação de Referência.

5. Conclusões

A aplicação da metodologia e da ferramenta computacional no caso da operação urbana Água Branca permitiu concluir que:

1. A ocupação urbana por edificações e as densidades construída e populacional necessitam estar compatibilizadas com necessidade de área livre para dimensionamento adequado da seção viária, no que tange a aspectos de climatologia (cânion urbano) e de provimento de infra-estrutura para mobilidade urbana. Trata-se de uma premissa para que estratégias para aproveitamento da luz e energia solar em edificações e para transporte urbano não-motorizado, público coletivo e individual, sejam eficientes energeticamente;
2. O potencial de eficiência energética em edificações comerciais é grande no que tange ao seu consumo individual, que pode ser reduzido em mais da metade, sendo 17% só devido a ações que integram morfologia urbana e aproveitamento de iluminação e ventilação naturais. Além disso, há possibilidade de obtenção de incrementos adicionais em eficiência em edificações se o desenho urbano ampliar as possibilidades de implantação de edificações com plantas curtas, conforme demonstrado no Tecido Urbano Opção B;
3. O potencial de eficiência energética em edificações residenciais também é significativo, sobretudo se a demanda por aquecimento de água for atendida por energia residual ou calor de fontes renováveis;
4. Sistemas distritais em cogeração a biogás se constituem alternativas para reduzir o consumo com aquecimento e resfriamento em edifícios, apesar de requererem capacidade instalada superior ao sistema regional de referência e necessitarem de dispositivos de controle de emissões de poluentes, sobretudo de dióxido de enxofre;

5. A preferência pela participação do modo público coletivo de transporte urbano ou dos modos não-motorizados sobre o individual traz os maiores ganhos em termos de eficiência energética no setor e também para a área como um todo, constituindo a mais significativa estratégia de eficiência energética na escala urbana segundo os condicionantes considerados. Nesse sentido, os tecidos urbanos Opção B e C demonstraram melhor desempenho, pela maior participação do transporte público coletivo em detrimento do transporte individual. A estruturação do sistema de transporte público coletivo, principalmente de média capacidade, prescinde, por sua vez, da sua compatibilização com a morfologia urbana, no que tange à adequação entre a demanda de passageiros e a capacidade de transporte, bem como provimento da infra-estrutura necessária, conforme indicado na proposta metodológica;

Conforme os gráficos das Figuras 19 a 23 mostram, a magnitude das emissões totais de poluentes locais da área urbana é basicamente definida pelo sistema de transporte urbano, tanto pelo consumo energético em transportes ser maior quanto pelos sistemas de geração elétrica serem baseados, na sua maior parte ou na sua totalidade, em recursos renováveis ou de menor impacto ambiental. A principal estratégia para redução de poluentes locais abrange a substituição da fonte de energia fóssil (diesel) em transportes urbanos por fonte de energia limpa (etanol ou tração elétrica). Em segundo lugar, a maior participação do transporte público em relação ao individual também contribui significativamente para a redução das emissões de poluentes locais, embora em menor proporção que na estratégia de substituição da fonte de energia, sendo o melhor desempenho alcançado com emissões de SO₂. Já com relação à redução de GEE (Figura 24), o favorecimento do transporte público constitui a principal estratégia de redução de emissões no caso do sistema regional de geração (23%). Conforme apontou o estudo de caso, iniciativas para eficiência energética em edifícios pouco impactaram nas emissões totais da área. No caso do sistema de geração distrital e predial, associado ao transporte público, bem como na mudança para uma fonte energética limpa, a redução alcançada é de cerca de 12% para a redução total de GEE.

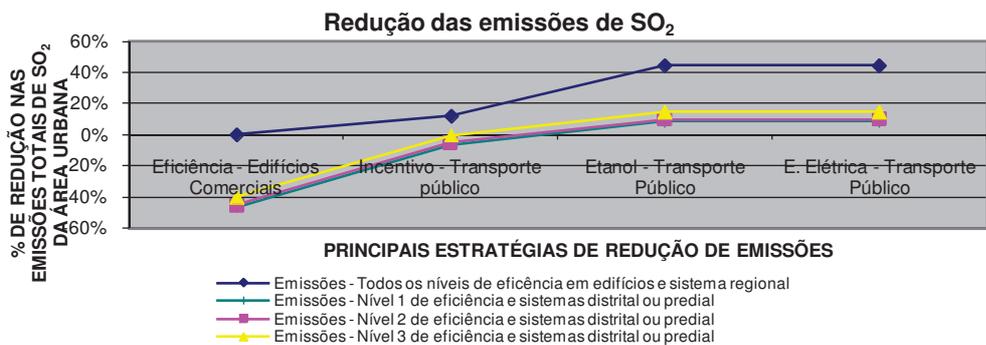


Figura 19: Índice geral de redução de emissões de poluentes – Dióxido de enxofre

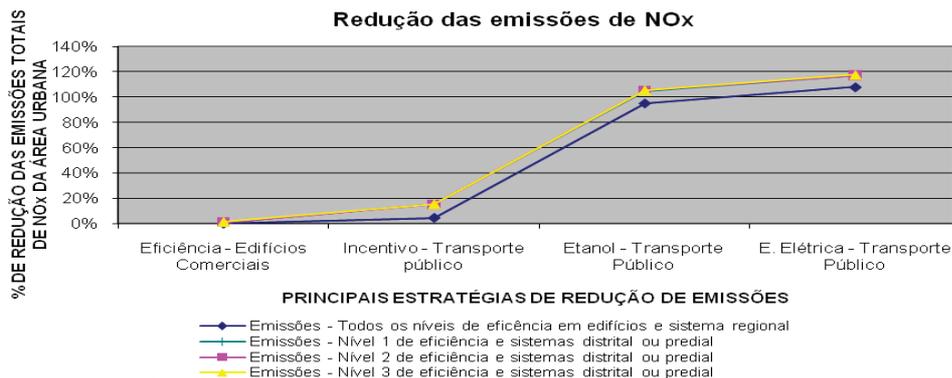


Figura 20: Índice geral de redução de emissões de poluentes – Óxidos de nitrogênio

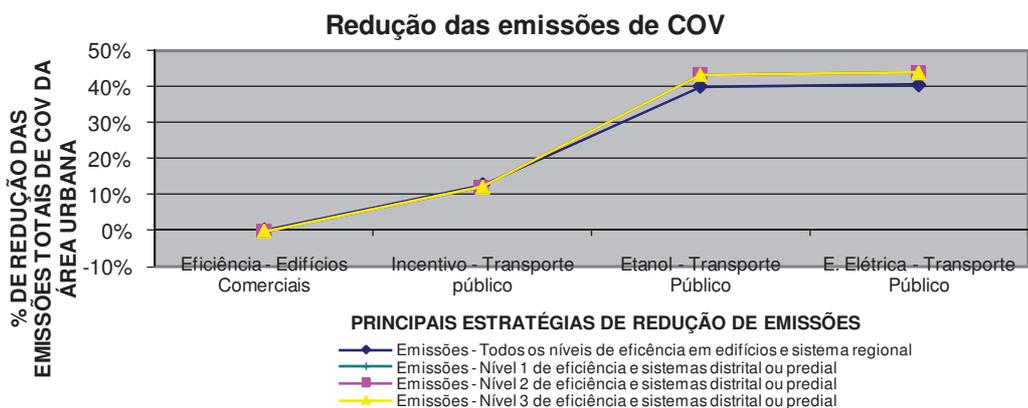


Figura 21: Índice geral de redução de emissões de poluentes – Compostos orgânicos voláteis

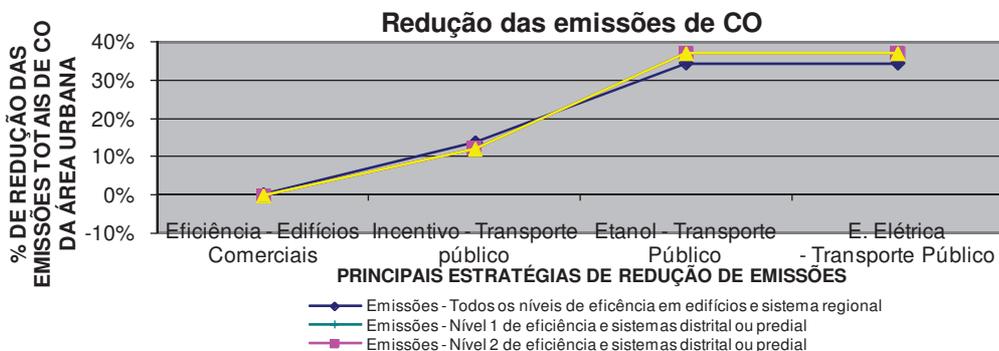


Figura 22: Índice geral de redução de emissões de poluentes – Monóxido de carbono

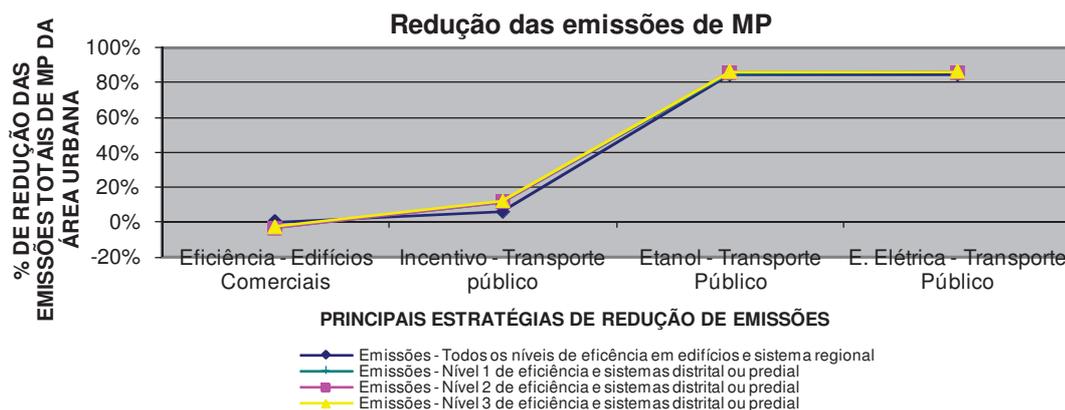


Figura 23: Índice geral de redução de emissões de poluentes – Material particulado

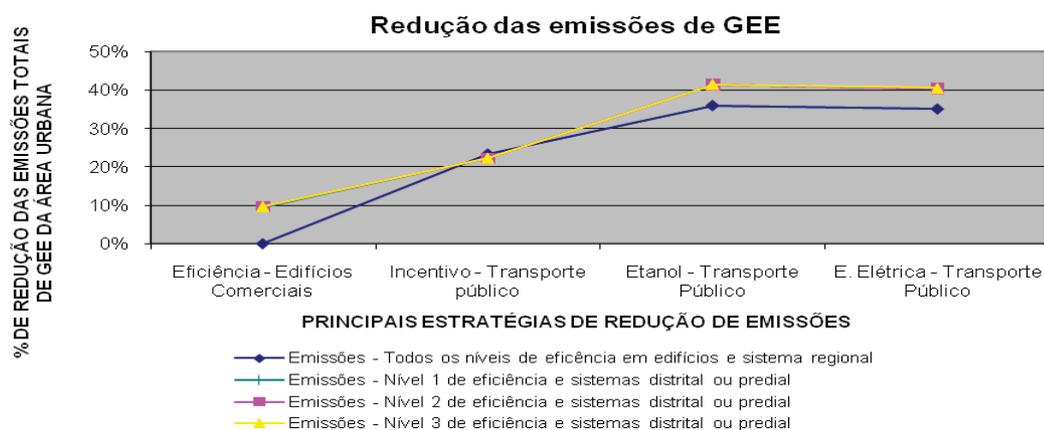
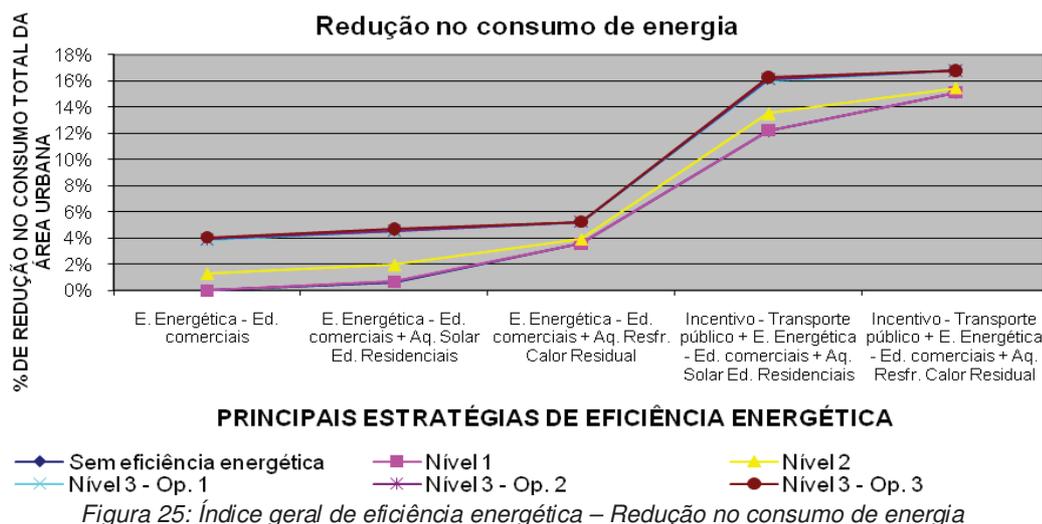


Figura 24: Índice geral de redução de emissões de poluentes – Gases de Efeito Estufa

7. Com base na aplicação da ferramenta computacional no caso da Operação Urbana Água Branca, compondo 216 situações diferenciadas, além da Situação de Referência, verificou-se que a mesma permite a identificação de melhores níveis de eficiência energética por meio da consideração de estratégias integradas entre os condicionantes de morfologia e mobilidade urbanas, edificações, energia e meio ambiente, comprovando a tese em questão. A integração de estratégias em morfologia e mobilidade urbanas, edificações, energia e meio ambiente no planejamento da área da operação urbana Água Branca, resultaria na redução do consumo total de energia da área da ordem de 15 a 17% (Figura 25), significando, em termos quantitativos, uma economia da ordem de 230,3 GWh/ano a 253,5 GWh/ano, o que seria suficiente para atender em 1,2 a 1,4 vezes a demanda inicial estimada para o total de edificações comerciais e residenciais da área do caso da operação urbana Água Branca;



8. Finalmente, o desenvolvimento da proposta metodológica, da ferramenta computacional e sua aferição no caso da Operação Urbana Água Branca permitiram concluir que a metodologia é passível de aplicação no planejamento energético de outras áreas urbanas, similares ou não ao caso estudado.

6. Considerações finais

A ferramenta computacional foi desenvolvida com base na integração dos principais grupos de condicionantes para planejamento energético, urbano e ambiental incidentes sobre as cidades brasileiras. Objetivou-se definir uma lógica de integração setorial, bem como desenvolver e sistematizar uma metodologia para inter-relacionar condicionantes de morfologia e mobilidade urbanas, edificações, meio ambiente e energia, com foco na efficientização energética e na verificação de seus efeitos na emissão de poluentes. Como a ferramenta em questão é aplicável aos estágios preliminares de planejamento, vale ressaltar a importância do alinhamento das estratégias de planejamento com os diversos projetos subsequentes, assim como com os padrões de uso de edifícios e sistemas de transporte urbano, para que o desempenho inicialmente estimado possa ser efetivamente alcançado.

A ferramenta e sua base metodológica foram aplicadas ao caso da Operação Urbana Água Branca, ficando demonstrado o elevado potencial de integração de estratégias. Nos cenários configurados, foi possível identificar não apenas possíveis potenciais quantitativos, mas também identificar fatores de contribuição dos condicionantes para o resultado global em termos energéticos, urbanísticos e ambientais. Além dos cenários apresentados, diversos outros podem ser compostos e analisados por meio do sistema ora disponibilizado, para suporte ao

desenvolvimento e requalificação de muitas outras áreas urbanas no país, desde que variáveis e parâmetros sejam adequados a cada realidade. Nesse sentido, acredita-se que a metodologia e a ferramenta possam contribuir amplamente para o planejamento de áreas urbanas brasileiras com melhores níveis de integração e eficiência, energética, funcional e ambiental, podendo ser aplicada em planos e estudos pela administração pública, universidades e instituições parceiras envolvidas nos projetos.

Vislumbrando a ampla inserção prática dessa proposta desenvolvida como tese de doutorado, embasada em critérios e parâmetros técnicos e científicos, a autora planeja uma nova fase para esse trabalho, que é a produção de um software que facilite e propicie a produção de soluções integradas e inovadoras em planejamento urbano e que será calibrado em múltiplas situações urbanas. Com isso, espera-se catalisar muitas outras iniciativas no Brasil, focadas em na integração do planejamento energético, ambiental e urbano, e desenvolver cidades mais eficientes, funcionais, saudáveis e agradáveis para se viver.

Referências bibliográficas

ASSIS, A. S. **Impactos da Forma Urbana na Mudança Climática**: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano. 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana**: Relatório Geral 2009. São Paulo: ANTP, 2010. Disponível em: <http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Relatório%20Geral%202009.pdf>, acessado em 06/06/11.

ASSUNÇÃO J.; PESQUERO C. **Dioxinas e Furanos**: origens e riscos. Revista de Saúde Pública. São Paulo, V. 33, Nº 5, Out 1999, p.523-530. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v33n5/0640.pdf>. Acesso em: 10 Out. 2009.

BAKER N. e STEEMERS, K. **Energy and Environment in Architecture: A technical design guide**. Londres e Nova Iorque: E & FN Spon, 2000.

BUILDING RESEARCH ENERGY CONSERVATION SUPPORT UNIT - BRECSU. Energy use in offices – Energy Consumption Guide 19. **Energy Efficiency Best Practice Programme**. Garston, UK, v. 19, 2000.

BURDETT R.; SUDJIC, D. **The Endless city**: the Urban Age Project. China: the London School of Economics and Deutsche Bank's Alfred Herrhausen Society. Phaidon Press Limited, 2007.

CARPENTER, S. **Learning from experience with advanced houses of the world.** Sittard, Netherlands: CADDET, 1995.

CERREÑO, A.e SANDER, E. **Pedestrian and Bicyclist Standards and Innovations in Large Central Cities.** New York: Rudin Center for Transportation Policy & Management, Janeiro de 2006. Disponível em: <http://wagner.nyu.edu/rudincenter/files/bikeped.pdf>. Acesso em: 30/09/08.

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC – Brasil.** Brasília: Governo Federal, 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2008.** São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>. Acesso em 25 abril 2009.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO - METRÔ/ SP. **Pesquisa Origem – Destino 2007:** Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, Setembro de 2008.

DUARTE, D. H. S. **Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental.** 2000. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ELETROBRÁS. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa de Posse de Equipamento e Hábitos de Uso – Classe Residencial: Relatório Brasil.** Eletrobrás, Rio de Janeiro, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **National Energy Balance – BEN 2010.** Ministry of Mines and Energy - MME, Brasília, 2010.

EMPRESA MUNICIPAL DE URBANIZAÇÃO - EMURB. **Operação Urbana Água Branca: Parâmetros de Revisão Out09.** São Paulo: EMURB, 2009. Disponível em: http://www.slideshare.net/chicomacena/operao-gua-branca-parametros-de-revisao-out09?from=share_email. Acesso em: 13 Dez. 2009.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE. **Dados estatísticos sobre a RMSP - 2007.** São Paulo: SEADE, 2007. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/iprs/analises/RMSP.pdf>. Acesso em: 18 Jun. 2008.

GHISI, E. Eficiência Energética em Edificações. In: MEIO AMBIENTE EM DEBATE 2, 2007, São Paulo. **Apresentação.** São Paulo: CETESB, Out. 2007. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/EA/cursos/ciclo_palestras/021007/ProfEnedirGhisi.pdf. Acesso em: 14 Nov. 2008.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design.** New York: Wiley, John & Sons, 1998.

GRANRYD, E. **Refrigerating Engineering.** Stockholm: KTH, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Tabelas de consumo/ eficiência energética para sistemas e equipamentos**

para aquecimento solar de água. Edição 12/2008b. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletoresSolares.pdf>. Acesso em: 01 Nov. 2008.

_____. **Tabelas de consumo/ eficiência energética para linha de aquecedores de água a gás tipo Instantâneo.** Edição 04/2009. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/aquecedorAgua.pdf>. Acesso em: 20 maio 2009.

_____. **Tabelas de consumo para chuveiros elétricos.** Edição 03/2008a. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>. Acesso em: 01 Nov. 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Guideline to planning and building of district heating networks.** Sittard, The Netherlands: NOVEM – Netherland Agency for Energy and the Environment, 1996.

JOCHM, E. **Steps towards a sustainable development: A white book for R & D of energy efficient technologies.** Dübendorf, Suíça: Novatlantis, 2004.

MARINS, K. R. de C. C. **Proposta Metodológica para Planejamento Energético no Desenvolvimento de Áreas Urbanas:** o potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente aplicado na área da Operação Urbana Água Branca, no Município de São Paulo. 2010, 798 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MOREIRA, J. R. et al. Best Project – Contribution of ethanol usage in public urban transport. In: XVI SIMEA 2008 – Simpósio internacional de engenharia automotiva - o aquecimento global e a mobilidade no século XXI/ Tecnologias para obtenção do desenvolvimento sustentável. 16., 2008, São Paulo. **Anais.** São Paulo: AEA, 2008.

NATIONAL ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE - NERI. **Emission Factors.** Roskilde: NERI, 2008. Disponível em: <http://www.dmu.dk/Luft/Emissioner/Emission+factors/>. Acesso em: 15/06/09.

NEWMAN, P.; KENWORTHY, J. **An international sourcebook of automobile dependence in cities,** 1960-1990. Niwoł, Boulder: University Press of Colorado, 1999.

OTHA, K. et al. **Transport Policy in perspective 2005.** Tokyo: Japan Research Center for Transport Policy, 2006.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - PMSP. LEI Nº 11.774/95, de 18 de maio de 1995. **Operação Urbana Água Branca.** Estabelece diretrizes e mecanismos para a implantação da Operação Urbana Água Branca. Define programa de melhorias previsto para a área objeto da Operação, e dá outras providências. São Paulo: PMSP, 1995. Disponível em: http://portal.prefeitura.sp.gov.br/empresas_atuarquias/emurb/operacoes_urbanas/agua_branca/0001/0002. Acesso em: 10 Out. 2009.

_____. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.** São Paulo: PMSP, 2004. Disponível em http://www2.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/planejamento/plano_diretor/0004. Acesso em: 10 Set. 2008.

_____. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo**. São Paulo: PMSP, 2005.

SANTAMOURIS, M. *et al.* **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. London: Earthscan/James & James, 2001.

THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE PROMOTION OF COGENERATION. **A guide to cogeneration**. Brussels: The European Association for the Promotion of Cogeneration, 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Bagasse Combustion in Sugar Mills. **External Combustion Sources**. AP. 42. 5ª Ed. v. 1, p. 1.8-1 a 1.8-8. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s08.pdf>. Acesso em: 20 out. 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina. Emissões de poluentes atmosféricos por fontes móveis e estimativa dos efeitos em saúde em 6 regiões metropolitanas brasileiras. Versão 3. São Paulo: Universidade de São Paulo, Nov. 2007.

VASCONCELLOS, E. A.. **Transporte e Meio Ambiente: Conceitos e Informações para Análise de Impactos**. São Paulo: Editora do Autor, 2006.

VIANNA N.; GONÇALVES, J. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Universidade do Grande ABC, 2001.

WALTON, D. *et al.* **Urban Design Compendium**. Reino Unido: English Partnerships e The Housing Corporation, 2007.

WATCHS, M. *et al.* **Highway Capacity Manual 2000 - HCM 2000**. United States of America: National Academy of Sciences, 2000.

WORLD ALLIANCE FOR DESCENTRALISED ENERGY – WADE. **Guide for decentralized energy technologies**. Edinburg: WADE, 2003

Anexo 01

Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Morfologia das quadras							
Quadra Tipo 1 – Layout 1	%	-	11,1	33,3	-	-	-
Quadra Tipo 1 – Layout 2	%	-	11,1	33,3	-	-	-
Quadra Tipo 1 – Layout 3	%	-	11,1	33,3	-	-	-
Quadra Tipo 2 – Layout 1	%	-	11,1	-	33,3	-	-
Quadra Tipo 2 – Layout 2	%	-	11,1	-	33,3	-	-
Quadra Tipo 2 – Layout 3	%	-	11,1	-	33,3	-	-
Quadra Tipo 3 – Layout 1	%	-	11,1	-	-	33,3	-
Quadra Tipo 3 – Layout 2	%	-	11,1	-	-	33,3	-
Quadra Tipo 3 – Layout 3	%	-	11,1	-	-	33,3	-
Quadra Tipo 1 – Layout 1	%	-	11,1	33,3	-	-	-
População							
Densidade populacional (total)	hab/km ²	41.921	30.272	30.501	30.681	29.118	-28%
Densidade populacional (residencial)	hab/km ²	18.571	14.109	14.178	14.297	13.603	-24%
Densidade populacional (empregos)	hab/km ²	23.350	18.984	19.159	19.243	18.236	-19%
Área							
Densidade construída	%	82	70	70	71	68	-15%
Densidade ocupada	%	30	5	5	5	5	-82%
Densidade livre dos lotes	%	30	21	21	22	21	-29%
Densidade viária	%	10	38	37	37	38	275%
Densidade institucional	%	7	7	7	7	7	
Densidade verde pública	%	14	20	20	20	20	39%
Outras áreas reservadas	%	9	9	9	9	9	
Total	%	100	100	100	100	100	
Densidade livre total	%	54	79	79	79	79	45%
Área verde por habitante (residente)	m ² / hab	8	14	14	14	15	83%
Transporte							
Transporte Não-Motorizado	%	36,06	15	15	15	15	-58%
Transporte baixa capacidade	%	26,56	9,31	10,31	10,31	9,31	-63%
Transporte público média capacidade - BRT ou VLT	%	0,00	37,24	41,24	41,24	37,24	-
Transporte público alta capacidade	%	8,44	8,44	8,44	8,44	8,44	0%
Transporte particular automóvel	%	28,94	30,00	25,00	25,00	30,00	-5%
Total	%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0%
Índice de Mobilidade	viagens/ hab dia	1,96	2,88	2,88	2,88	2,88	47%
Taxa de motorização	veículos/ hab	0,49	0,26	0,22	0,22	0,26	-51%

Anexo 01 – Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca (CONTINUAÇÃO)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
Consumo de energia							
Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		60,05	59,89	60,52	60,44	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		44,05	43,13	44,77	44,73	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		42,81	41,95	43,67	43,69	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		40,20	39,26	41,26	41,22	
Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		99,77	99,77	99,77	99,77	0%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		82,01	81,78	83,65	83,50	-17%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		48,45	47,07	49,50	49,30	-53%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		47,57	46,25	48,76	48,61	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		45,60	44,25	46,96	46,75	
Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		60,05	59,89	60,52	60,44	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		44,05	43,13	44,77	44,73	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		42,81	41,95	43,67	43,69	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		40,20	39,26	41,26	41,22	
Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ com uso de calor residual de termelétricas - sistema predial)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	68,39	68,49	68,44	68,46	-32%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		68,33	68,42	68,37	68,39	-32%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		59,96	59,90	60,46	60,36	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		43,98	43,14	44,72	44,68	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		42,75	41,96	43,63	43,64	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		40,14	39,26	41,23	41,17	
Consumo de energia - Edifícios residenciais							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	0%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		30,67	30,67	30,67	30,67	-23%
Consumo de energia - Edifícios residenciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ aquecimento solar de água)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	33,00	33,00	33,00	33,00	-18%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		23,67	23,67	23,67	23,67	-41%
Consumo de energia - Edifícios residenciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	30,00	30,00	30,00	30,00	-25%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		20,67	20,67	20,67	20,67	-48%
Consumo de energia - Edifícios residenciais (Níveis de eficiência energética em edificações+ com uso de calor residual de termelétricas - sistema predial)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	30,00	30,00	30,00	30,00	-25%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		20,67	20,67	20,67	20,67	-48%

Anexo 01 – Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca (CONTINUAÇÃO)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Consumo de energia total em edificações por população fixa							
Consumo inicial de referência	kWh/ hab ano	1.450,16	1.313,80	1.310,34	1.313,52	1.316,71	-9%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ hab ano		1.311,83	1.308,38	1.311,55	1.314,73	-10%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ hab ano		1.157,45	1.152,28	1.171,43	1.173,03	-20%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ hab ano		865,68	851,15	874,62	875,23	-41%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ hab ano		857,99	843,99	868,14	869,22	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ hab ano		840,89	826,69	852,53	853,03	
Consumo de energia por passageiro transportado							
Consumo inicial de referência	kWh/ pass ano	4,74	4,74	4,74	4,74	4,74	0%
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	kWh/ pass ano		4,87	4,24	4,24	4,87	-4%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	kWh/ pass ano		5,39	4,82	4,82	5,39	8%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	kWh/ pass ano		5,32	4,73	4,73	5,32	6%
Emissões de poluentes em transporte de passageiros							
Emissões de SO₂							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	0,0693	0,0815	0,0717	0,0717	0,0815	10%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		0,0675	0,0562	0,0562	0,0675	-11%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		0,0675	0,0562	0,0562	0,0675	-11%
Emissões de NO_x							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	1,0017	1,9132	1,8891	1,8891	1,9132	90%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		1,0098	0,8887	0,8887	1,0098	-5%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		0,8829	0,7481	0,7534	0,8829	-18%
Emissões de COV							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	1,3186	1,5162	1,3257	1,3257	1,5162	8%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		1,2947	1,0804	1,0804	1,2947	-10%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		1,2907	1,0759	1,0760	1,2907	-10%
Emissões de CO							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	11,9034	13,2027	11,4061	11,4061	13,2027	3%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		11,7293	9,7745	9,7745	11,7293	-10%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		11,7298	9,7750	9,7758	11,7298	-10%
Emissões de MP							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	0,0850	0,1298	0,1226	0,1226	0,1298	49%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		0,0772	0,0644	0,0644	0,0772	-17%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		0,0771	0,0643	0,0643	0,0771	-17%
Emissões de CO₂							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	321,63	345,29	294,94	294,94	345,29	0%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		319,05	265,88	265,88	319,05	-9%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		320,93	267,95	271,07	320,93	-8%

Anexo 01 – Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca (CONTINUAÇÃO)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Emissões de poluentes de geração de energia elétrica por população RESIDENTE							
Emissões de SO₂							
Sistema regional							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	0,9899	0,9469	0,9468	0,9469	0,9469	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		0,9456	0,9455	0,9456	0,9456	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		0,8454	0,8440	0,8547	0,8539	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		0,6561	0,6481	0,6620	0,6611	-34%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		0,6511	0,6434	0,6578	0,6572	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		0,6400	0,6322	0,6477	0,6468	
Sistemas distrital e predial							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	0,9899	173,51	173,38	173,50	173,62	17427%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		173,51	173,38	173,50	173,62	17427%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		166,35	166,08	167,06	166,95	16731%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		142,16	140,73	143,24	143,23	14034%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		140,30	138,95	141,59	141,66	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		136,35	134,88	137,95	137,93	
Emissões de NOx							
Sistema regional							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	320,07	306,1531	306,1377	306,1494	306,1684	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		305,7396	305,7259	305,7361	305,7535	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		273,3551	272,8909	276,3372	276,0964	-14%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		212,1483	209,5500	214,0598	213,7662	-34%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		210,5347	208,0435	212,7006	212,5085	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		206,9478	204,4043	209,4258	209,1210	
Sistemas distrital e predial							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	320,07	215,19	215,03	215,18	215,33	-33%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		215,19	215,03	215,18	215,33	-33%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		206,32	205,98	207,19	207,06	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		176,31	174,54	177,66	177,64	-46%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		174,00	172,33	175,61	175,70	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		169,11	167,28	171,09	171,06	
Emissões de COV							
Sistema regional							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	6,5994	6,3124	6,3121	6,3124	6,3128	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		6,3039	6,3036	6,3038	6,3042	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		5,6362	5,6266	5,6977	5,6927	-14%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		4,3742	4,3206	4,4136	4,4076	-34%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		4,3409	4,2896	4,3856	4,3816	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		4,2670	4,2145	4,3181	4,3118	
Sistema distrital e predial							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	6,5994	28,18	28,16	28,18	28,20	327%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		28,18	28,16	28,18	28,20	327%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		27,02	26,98	27,14	27,12	310%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		23,09	22,86	23,27	23,26	244%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		22,79	22,57	23,00	23,01	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		22,15	21,91	22,41	22,40	

Anexo 01 – Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca (CONTINUAÇÃO)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA	
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D		
Emissões de CO								
Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	49,4954	47,3433	47,3409	47,3427	47,3456	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		47,2793	47,2772	47,2788	47,2815	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		42,2714	42,1996	42,7326	42,6953	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		32,8064	32,4046	33,1020	33,0566	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		32,5569	32,1717	32,8918	32,8621		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		32,0022	31,6089	32,3854	32,3383		
distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano			253,00	252,80	252,98	253,16	411%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano			253,00	252,80	252,98	253,16	411%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano			242,56	242,16	243,59	243,44	391%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano			207,29	205,20	208,87	208,84	312%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano			204,57	202,61	206,46	206,56	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		198,82	196,67	201,14	201,11		
Emissões de MP								
Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	0,6599	0,6312	0,6312	0,6312	0,6313	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		0,6304	0,6304	0,6304	0,6304	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		0,5636	0,5627	0,5698	0,5693	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		0,4374	0,4321	0,4414	0,4408	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		0,4341	0,4290	0,4386	0,4382		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		0,4267	0,4215	0,4318	0,4312		
Sistema distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano			20,86	20,84	20,86	20,87	3060%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano			20,86	20,84	20,86	20,87	3060%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano			20,00	19,96	20,08	20,07	2935%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano			17,09	16,92	17,22	17,22	2448%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano			16,86	16,70	17,02	17,03	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		16,39	16,21	16,58	16,58		
Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	83,636	180,586	180,577	180,584	180,595	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		180,342	180,334	180,340	180,350	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		161,240	160,966	162,999	162,857	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		125,137	123,604	126,264	126,091	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		124,185	122,716	125,463	125,349		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		122,069	120,569	123,531	123,351		
Sistema distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano			12,350	12,340	12,349	12,358	-93%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano			12,350	12,340	12,349	12,358	-93%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano			11,840	11,821	11,890	11,883	-94%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano			10,118	10,017	10,195	10,194	-95%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano			9,986	9,890	10,078	10,083	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		9,705	9,600	9,818	9,817		

Anexo 01 – Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca (CONTINUAÇÃO)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
RESULTADOS TOTAIS							
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência energética em edificações							
Consumo inicial de referência	kWh/ano	250.466.222	166.078.453	163.680.417	166.204.571	158.546.095	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ano		165.829.278	163.435.863	165.955.291	158.307.389	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ano		146.314.426	143.936.672	148.226.091	141.245.586	-42%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ano		109.431.250	106.321.496	110.669.279	105.386.932	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ano		108.458.909	105.426.905	109.849.612	104.663.341	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ano		106.297.409	103.265.759	107.874.727	102.714.511	
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência do lado da oferta (sistema regional)							
Consumo inicial de referência	kWh/ano	250.466.222	153.253.119	151.056.305	153.370.991	146.289.266	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ano		153.003.944	150.811.751	153.121.711	146.050.560	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ano		134.034.685	131.861.852	136.010.186	129.475.798	-47%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ano		96.605.916	93.697.384	97.835.699	93.130.104	-62%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ano		95.633.575	92.802.793	97.016.032	92.406.512	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ano		93.472.075	90.641.648	95.041.147	90.457.682	
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência do lado da oferta (sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ano	250.466.222	109.063.718	107.405.343	109.140.097	104.184.597	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ano		109.063.718	107.405.343	109.140.097	104.184.597	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ano		103.859.461	102.176.618	104.454.604	99.554.607	-59%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ano		86.268.498	84.011.987	87.124.087	83.084.641	-67%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ano		84.914.704	82.737.751	85.922.390	81.999.883	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ano		82.045.306	79.817.314	83.270.337	79.405.076	
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência do lado da oferta (sistema predial)							
Consumo inicial de referência	kWh/ano	250.466.222	113.024.398	111.491.723	113.157.846	107.964.066	-56%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ano		112.954.617	111.421.974	113.087.854	107.897.935	-56%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ano		103.752.621	102.186.926	104.388.493	99.476.863	-59%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ano		86.194.504	84.019.129	87.078.311	83.030.807	-67%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ano		84.843.693	82.744.602	85.878.449	81.948.210	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ano		81.979.831	79.823.584	83.229.649	79.357.267	
Consumo total de energia em transportes							
Consumo inicial de referência	kWh/ano	1.090.007.224	1.090.007.224	1.090.007.224	1.090.007.224	1.090.007.224	0%
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	kWh/ano		1.306.598.374	1.137.628.308	1.135.196.692	1.235.562.135	10%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	kWh/ano		1.446.936.442	1.293.026.230	1.290.262.460	1.368.270.400	24%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	kWh/ano		1.426.777.130	1.270.703.596	1.267.987.540	1.349.207.095	22%
Capacidade instalada							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis e Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis							
Sistema de Geração de Energia Regional							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	25.422	25.043	25.440	24.278	-52%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		25.409	25.030	25.427	24.266	-52%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		17.463	17.181	17.604	16.777	-67%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		14.049	13.674	14.194	13.530	-74%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		13.858	13.494	14.026	13.378	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		13.447	13.078	13.648	13.008	
Sistema de Geração de Energia Distrital							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	30.629	30.161	30.650	29.260	-42%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		30.629	30.161	30.650	29.260	-42%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		29.365	28.892	29.512	28.136	-44%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		25.095	24.482	25.305	24.138	-53%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		24.766	24.172	25.013	23.874	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		24.069	23.463	24.370	23.245	

Anexo 01 – Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso – Área de Operação Urbana Água Branca (CONTINUAÇÃO)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Sistema de Geração de Energia Predial							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	38.482	37.933	38.523	36.771	-27%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		33.264	32.797	33.301	31.784	-37%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		31.678	31.200	31.872	30.372	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		26.315	25.651	26.585	25.349	-51%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		25.868	25.228	26.184	24.986	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		25.028	24.369	25.409	24.227	
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade							
Sistema de Geração de Energia Regional							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	68.023	72.216	72.513	64.564	33%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		68.010	72.203	72.500	64.551	33%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		60.065	64.355	64.677	57.062	18%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		56.651	60.847	61.267	53.815	11%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		56.459	60.667	61.098	53.664	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		56.049	60.251	60.720	53.293	
Sistema de Geração de Energia Distrital							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	73.230	77.334	77.722	69.546	43%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		73.230	77.334	77.722	69.546	43%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		71.967	76.065	76.585	68.422	41%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		67.696	71.655	72.378	64.423	32%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		67.368	71.346	72.086	64.160	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		66.671	70.637	71.442	63.530	