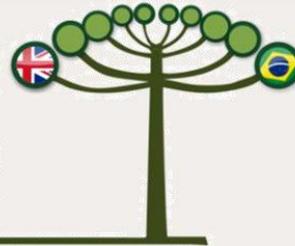




UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA****09 a 13
Setembro
2019***Financing Urban Climate-Resilient Development*

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil



International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)
Revista Internacional Resiliência Ambiental Pesquisa e Ciência
ISSN 2675-3456 – Número 1 – Volume 1 – 2019

PROJETO DE CASA CONTÊINER ENERGIA ZERO VIA SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO MATEMÁTICA PARA DIFERENTES CLIMAS DO BRASIL

Melanie Gissel Urdangarín GAMARRA¹
Jair Antonio Cruz SIQUEIRA²

Eixo Temático: Inovação tecnológica sustentável

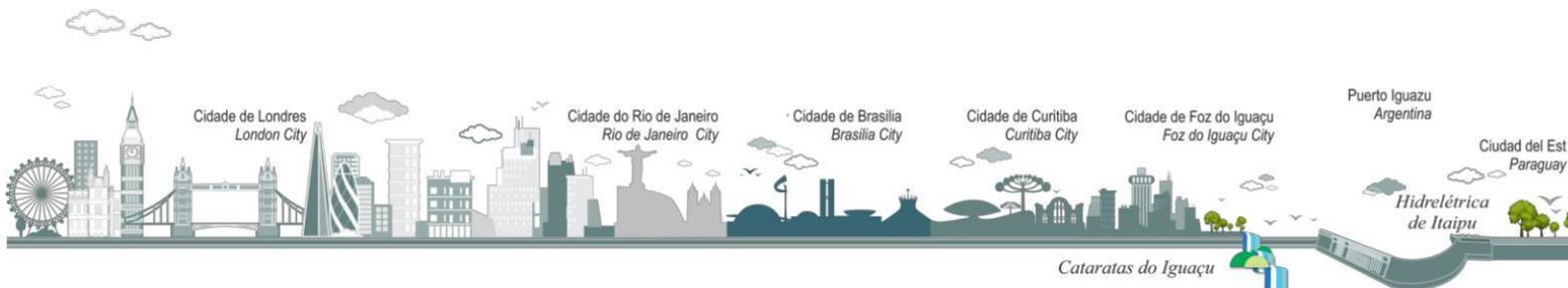
Resumo: As edificações são responsáveis por 50% do consumo de energia elétrica global, ao passo que se prevê que esta participação continue aumentando. Uma das chaves para satisfazer o aumento da demanda por eletricidade é a construção de edifícios mais eficientes. Por este motivo, as edificações energia zero são o atual alvo da construção civil a nível mundial. Os principais obstáculos no desenvolvimento de edificações energia zero são o alto custo inicial e a falta de conhecimento; uma opção atraente para superar estas dificuldades são às construções modulares produzidas de forma padronizada e a partir de contêineres marítimos. Com o intuito de preencher a carência de estudos nesta área, o presente trabalho tem por objetivo propor um projeto de habitação unifamiliar em contêineres energia zero elaborado através de otimização baseada em simulação para cada zona bioclimática do território brasileiro. A metodologia para atingir esse objetivo compreende as seguintes etapas: (i) Definição de um modelo base de simulação no programa EnergyPlus; (ii) Minimização do custo do ciclo de vida, para cada zona bioclimática, por meio do motor de otimização GenOpt; (iii) Análise do conforto térmico; (iv) cálculo dos sistemas solares para tornar os modelos de edificação energia zero ao longo do ano.

Palavras Chave: casa contêiner; edificação energia zero; simulação termo- energética; otimização baseada em simulação; custo do ciclo de vida.

Abstract: Buildings are responsible for 50% of global electricity consumption, and this share is expected to increase. One of the keys to satisfy the increasing demand is the construction of energy-efficient buildings. For this reason, in a worldwide scenario, the current civil construction's target is the conception of net-zero energy buildings (NZEBS). The main obstacles in the development of NZEBs are the high initial cost and the lack of knowledge. One interesting option to overcome these difficulties is the production of standardized modular constructions made from shipping containers. In order to fill the lack of studies in this area, this work proposes a single-family, shipping- container, housing project with net-zero-energy target. The housing model will be improved via simulation-based optimization for each Brazilian bioclimatic zone. The methodology to achieve these targets follows these steps: (i) definition of a base simulation model in EnergyPlus; (ii) life-cycle-cost minimization through the

¹ Eng^a de Energia, estudante do programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR eng.melanie.gamarra@gmail.com

² Prof Dr. do programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR jairsiqueira@unioeste.br





UK - BRASIL INTERNATIONAL

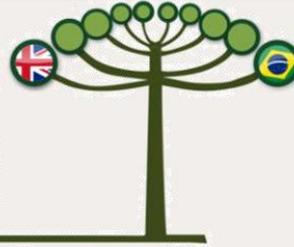
WORKSHOP

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA

09 a 13
Setembro
2019

Financing Urban Climate-Resilient Development

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil



optimization engine GenOpt for each bioclimatic zone; (iii) thermal comfort analysis; and (iv) sizing of the solar systems to turn the building models into zero-energy throughout the year.

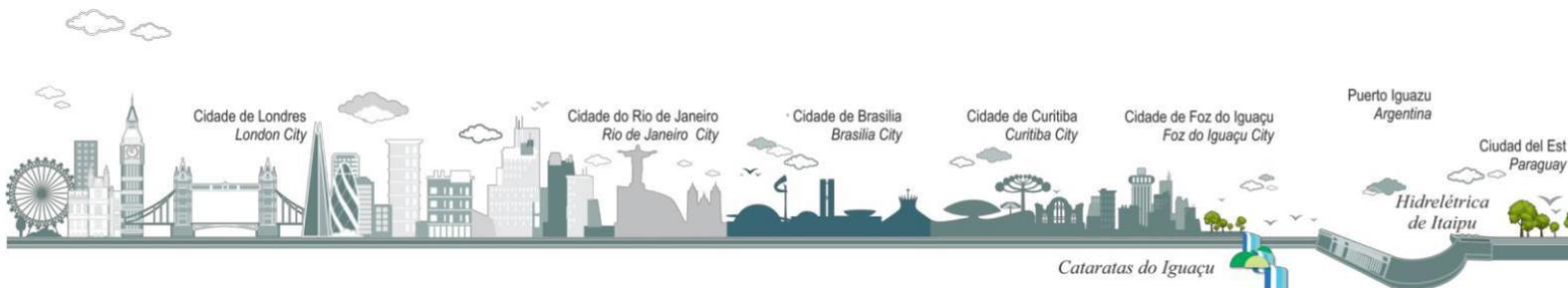
Key Words: shipping container home; net-zero-energy building; thermo-energetic simulation; simulation-based optimization; life-cycle cost.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e o aquecimento global estão estreitamente relacionados ao consumo de energia e às emissões de gases de efeito estufa (GEE). A construção civil representa 50% do consumo total de energia elétrica e 19% das emissões de GEE (IEA, 2018; IPCC, 2015). Além disso, a indústria da construção civil consome numerosos recursos naturais ao passo que gera grande quantidade de resíduos, representando cerca de 50% da massa de resíduos sólidos urbanos (ISLAM et al., 2016; NEJAT et al., 2015).

Uma diminuição significativa de energia, recursos e emissões pode ser alcançada através dos edifícios se estes forem projetados, construídos e operados adequadamente. Por esta razão, atualmente, um dos maiores desafios da indústria da construção civil é a sustentabilidade do parque imobiliário (CAO; DAI; LIU, 2016).

As principais estratégias para conseguir satisfazer o crescimento permanente da demanda por energia, são a construção de edificações mais eficientes do ponto de vista térmico e do uso de equipamentos, bem como a geração renovável distribuída. Neste cenário, surgem os Edifícios Energia Zero (*Net Zero Energy Buildings - NZEBs*), definidos como edificações com necessidades energéticas extremamente reduzidas e com balanço nulo ao longo do ano entre a demanda energética e a produção renovável (ALIREZAEI; NOORI; TATARI, 2016; ATHIENITIS; O'BRIEN, 2015). Os NZEBs vem ganhando participação, na UE foi estabelecido como meta que todos os





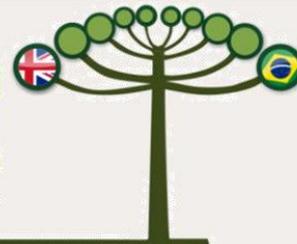
UK - BRASIL INTERNATIONAL

WORKSHOP FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO RESILIENTE AO CLIMA

09 a 13
Setembro
2019

Financing Urban Climate-Resilient Development

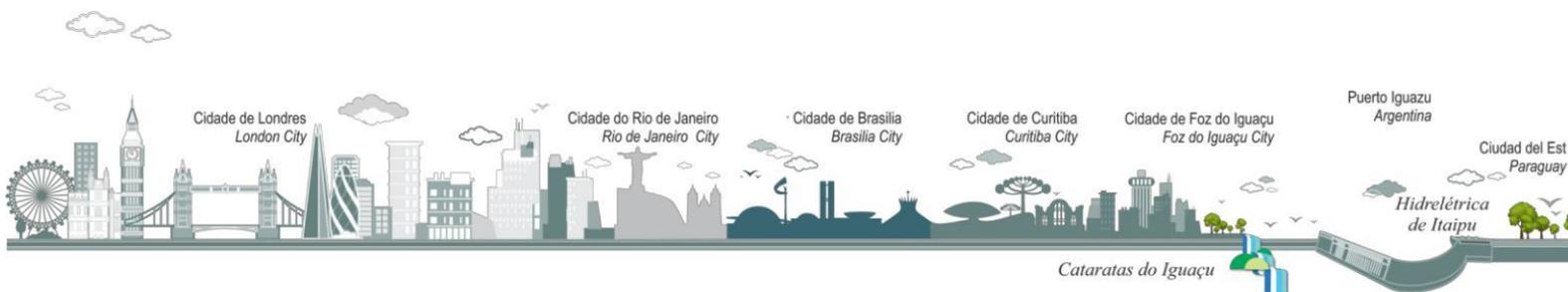
Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil



novos edifícios até 2020 sejam NZE (EU, 2010). Nos EUA foi estabelecido que 50% dos novos edifícios comerciais sejam NZEB até 2040; e que as novas construções de prédios públicos sejam NZEB a partir de 2030 (CRAWLEY; PLESS; TORCELLINI, 2009; IPEEC, 2018). No entanto, em países em desenvolvimento ainda existem barreiras ao crescimento dos NZEBs, principalmente devido ao alto investimento inicial, falta de incentivo e atitude social menos positiva (CAO; DAI; LIU, 2016).

As edificações baseadas em contêineres marítimos (EBCMs) apresentam-se como uma possível solução aos obstáculos no desenvolvimento dos NZEBs, desde que sua modularidade facilita a padronização, o qual se traduz na possibilidade de criação de modelos de habitação industrializados, que incorporem medidas de eficiência energética adequadas aos diferentes climas, e por um menor custo. Entre as vantagens do uso de CMs na arquitetura, destacam-se:

- Solução ao problema logístico do acúmulo de CMs nos portos (BERBESZ; SZEFER, 2018; ISLAM *et al.*, 2016);
- Caráter modular, possibilitando: simplificação dos projetos; flexibilidade no arranjo para ampliações; diminuição do tempo de construção; maximização dos benefícios econômicos; menor impacto ambiental em consequência da menor quantidade de energia incorporada, materiais construtivos e geração de resíduos; coleção de dados de operação para validar simulações e conceber melhorias; investimento em instruções ao usuário para aumentar a eficiência a partir dos hábitos de uso (KRISTIANSEN; MA, 2019; SUN; MEI; NI, 2017);
- Transportabilidade, que somada à possibilidade de implementar tecnologias renováveis para funcionar como unidade autônoma fora da rede, converte





UK - BRASIL INTERNATIONAL

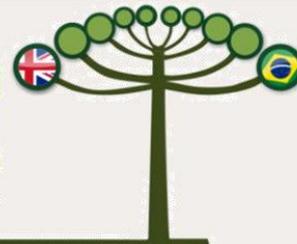
WORKSHOP

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO RESILIENTE AO CLIMA

09 a 13
Setembro
2019

Financing Urban Climate-Resilient Development

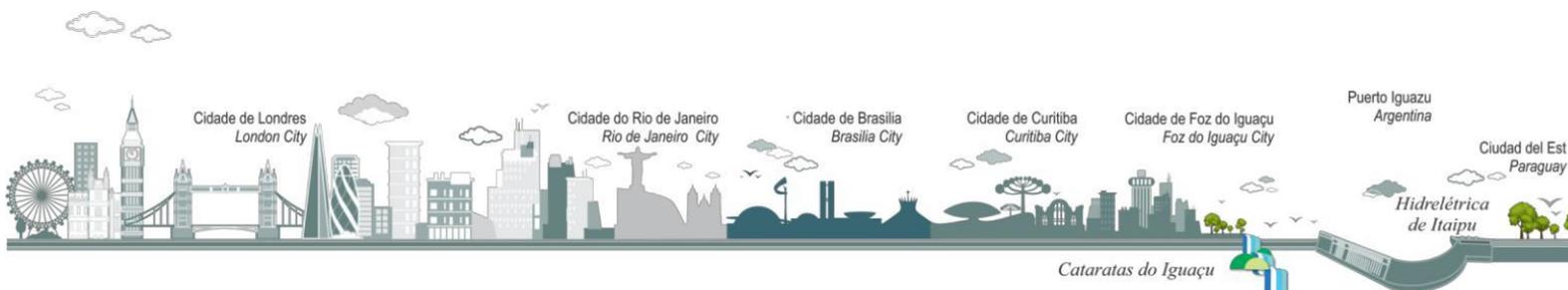
Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

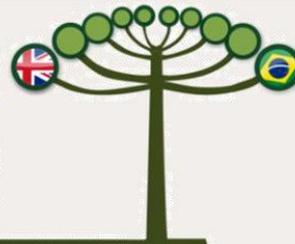


este tipo de habitação em uma solução ideal para uso em regiões rurais afastadas ou instalações para serviços sazonais, como é o exemplo das safras (BERBESZ; SZEFER, 2018; ELRAYIES, 2017; SUN; MEI; NI, 2017);

- Alternativa viável para atender carências sociais, como é o caso da falta de moradia, necessidade de habitações provisórias ou pós-desastre, assim como fortalecimento de comunidades através do desenvolvimento de infraestrutura (ELRAYIES, 2017; SCHIAVONI *et al.*, 2016).

Visto que uma das abordagens ao desafio da efficientização do parque imobiliário sem aumentar os custos de investimento é avançar em direção à padronização das edificações, são necessários estudos focados em identificar as características que otimizam o desempenho dos modelos de habitação para às diferentes regiões climáticas. Por meio de uma revisão bibliográfica sobre trabalhos envolvendo EBCMs realizada na plataforma Scopus, utilizando as combinações de palavras chaves, [shipping container / intermodal steel building unit / container \cap home / architecture / building], para o período 2009-2019; chegou-se a conclusão de que há literatura muito limitada sobre NZEBs feitos a partir de CMs, assim como de simulação dinâmica de EBCMs aplicada em diversos climas. Adicionalmente, existe uma carência de estudos sobre otimização matemática de EBCMs, sendo esta lacuna apresentada de maneira explícita no *review* sobre perspectivas das NZEBs transportáveis (KRISTIANSEN; MA, 2019). A fim de preencher a falta de estudos apontada e avançar no sentido da padronização das construções residenciais NZE; o presente trabalho tem por objetivo final propor um projeto de habitação unifamiliar NZE desenvolvido através do uso de otimização baseada em simulação (OBS) para cada zona bioclimática brasileira.





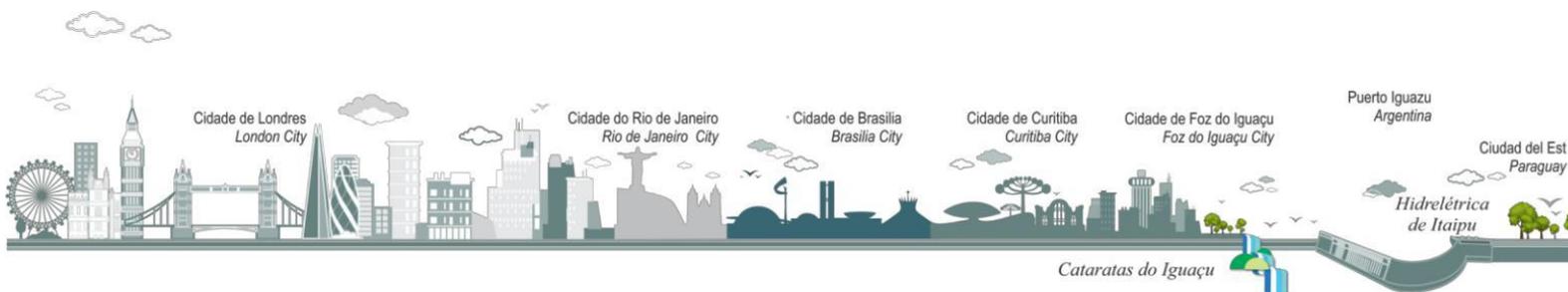
2. METODOLOGIA

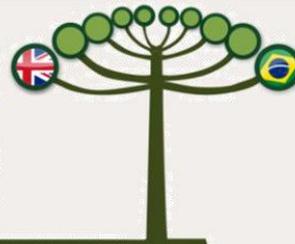
2.1. Definição do caso base

Na construção civil, os modelos de CMs mais amplamente usados são os de 6,0 e 12,0 m de comprimento e 2,9 m de altura, denominados 20'HC e 40'HC, respectivamente (BERNARDO *et al.*, 2013; ISMAIL *et al.*, 2015). De acordo com a ANTAC, 65,9% dos CMs movimentados no Brasil são do tipo 40' e 34,0% do tipo 20' (ANTAC, 2019). Por causa dos CMs do tipo 40' ser os mais abundantes, o modelo base (MB) foi definido utilizando a variante 40'HC. Com relação aos ambientes internos, a partir dos dados do último censo demográfico, observou-se que a maioria dos domicílios brasileiros possuem 5 cômodos e 2 dormitórios (IBGE, 2010). Portanto, esse foi o número de ambientes adotado. Cada contêiner do tipo 40'HC possui uma área interna útil igual a 27,96 m². Para configurar uma habitação unifamiliar de 5 cômodos, respeitando os valores mínimos de espaço sugeridos na NBR 15.575-1, foi necessário utilizar dois contêineres do tipo 40'HC.

A NBR 15.575 também estabelece, entre outros, os requisitos de desempenho térmico para edifícios habitacionais. Dos procedimentos para avaliação do desempenho térmico definidos na norma, neste trabalho foi utilizado o método de simulação. Para definir o arranjo dos CMs foram consideradas para simulação as três configurações mais comumente utilizadas na arquitetura em contêineres: uma planta compacta (1PC); uma planta em forma de L (1PL); e duas plantas (2P).

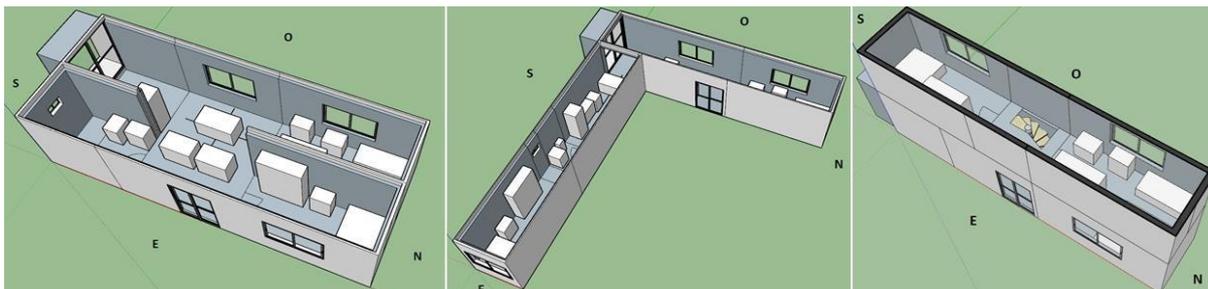
Para definir o posicionamento das aberturas e a orientação da edificação, foram seguidos os critérios da NBR 15.575-1 para edificações em fase de projeto, os quais conduzem à condição mais crítica do ponto de vista térmico, recomendada para





as simulações. Considerando o exposto até aqui, chegou-se nos modelos geométricos da Figura 1.

Figura 1: Modelos geométricos 1PC, 1PL e 2P.

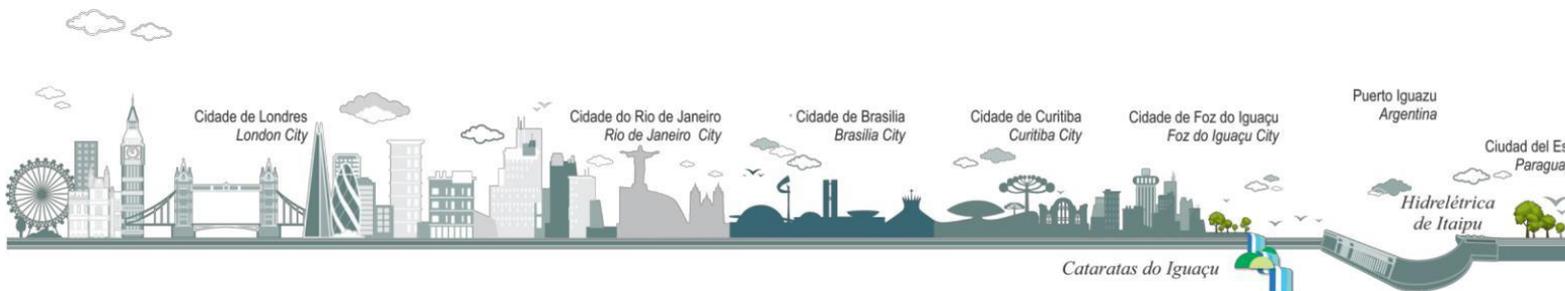


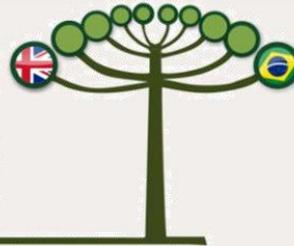
Os detalhes da composição dos fechamentos da edificação encontram-se no Quadro 1. As propriedades termo-físicas dos materiais opacos foram consultadas na NBR 15220-2 e nos Handbook da ASHRAE (ABNT, 2003; ASHRAE, 2013). As propriedades termo-ópticas dos materiais transparentes, foram extraídas do programa WINDOW (LAWRENCE LAB, 2019).

Quadro 1: Composição dos fechamentos internos e externos

Fechamento	Composição
Externo	Chapa metálica (0,2 cm) + Câmara de Ar ($1 \leq e \leq 2$ cm) + EPS (10 cm) + Gesso acartonado (1,25 cm)
Interno simples	Gesso acartonado (1,25 cm) + Câmara de Ar ($2 \leq e \leq 5$ cm) + EPS (5 cm) + Gesso acartonado (1,25 cm)
União dos contêineres	Gesso acartonado (1,25 cm) + EPS (5 cm) + Câmara de Ar ($2 \leq e \leq 5$ cm) + Chapa metálica (0,2 cm) + Chapa metálica (0,2 cm) + Câmara de Ar ($2 \leq e \leq 5$ cm) + EPS (5 cm) + Gesso acartonado (1,25 cm)
Piso	Base de concreto (20 cm) + Câmara de ar ($e > 5$ cm) + Plywood (2,8 cm)
Piso áreas molhadas	Base de concreto (20 cm) + Câmara de ar ($e > 5$ cm) + Plywood (2,8 cm) + argamassa (3 cm) + baldosa cerâmica
Entrepiso	Gesso acartonado (1,25 cm) + Câmara de ar ($e > 5$ cm) + Chapa metálica (0,2 cm) + Câmara de ar ($e > 5$ cm) + Plywood (2,8 cm)
Cobertura	Chapa metálica (0,2 cm) + Câmara de Ar ($1 \leq e \leq 2$ cm) + EPS (10 cm) + Gesso acartonado (1,25 cm)

Para verificar o cumprimento das exigências de desempenho térmico





estabelecidas na NBR 15575 dos três modelos até aqui definidos, os mesmos foram simulados no programa EnergyPlus, conforme o procedimento definido na norma. Nesta primeira instância escolheu-se trabalhar com a zona bioclimática 3, e como cidade representativa da mesma optou-se por Florianópolis, por causa dos dados climáticos dos seus dias típicos estarem disponíveis na NBR 15.575-1. Nas primeiras simulações rodadas não foi possível atender aos critérios de desempenho térmico, portanto foi necessário considerar as alterações sugeridas na norma, correspondentes a incorporar elementos de sombreamento e variar a absorvância das paredes externas.

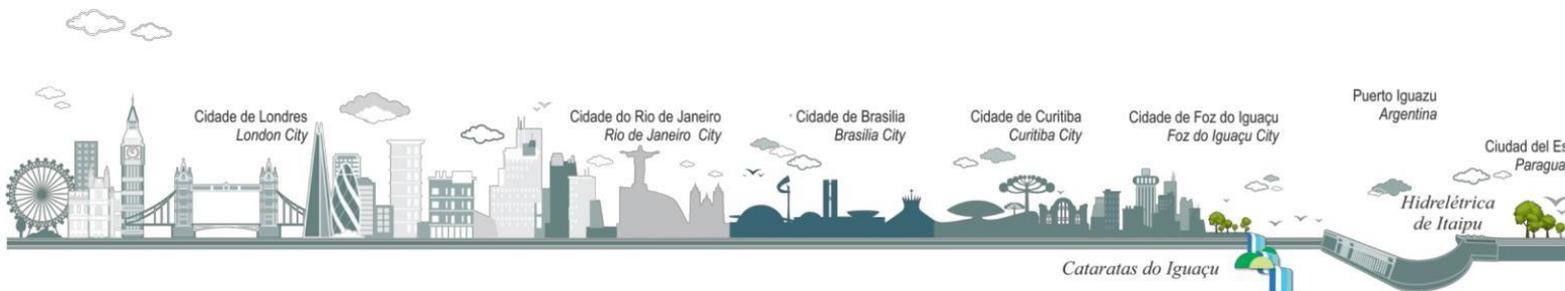
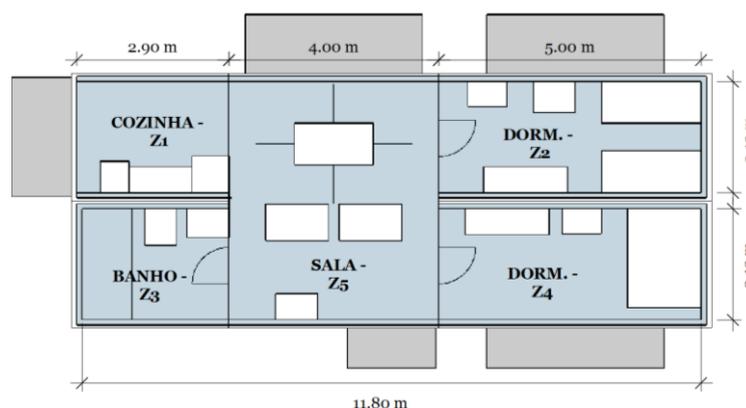
No Quadro 2 encontra-se o resultado do cálculo da carga térmica de cada modelo geométrico de edificação nos dias de projeto. Apesar do modelo de duas plantas ter apresentado a menor carga térmica, o MB adotado é o de uma planta compacta, em razão de ter cumprido com os requisitos de desempenho térmico e ter apresentado melhor comportamento durante o período quente, que é o mais significativo.

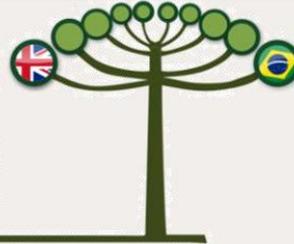
Quadro 2: Carga térmica dos três modelos geométricos de edificação propostos

Modelo	Carga Inverno (kWh)	Carga Verão (kWh)	Total (kWh)	Cumprir os critérios da NBR 15757
1PC	51.34	34.00	85.35	Sim
1PL	53.26	32.94	86.19	Não
2P	49.67	35.48	85.15	Não

Deste modo, o MB das otimizações ficou configurado como indica a Figura 2.

Figura 2: Planta baixa simplificada do MB.

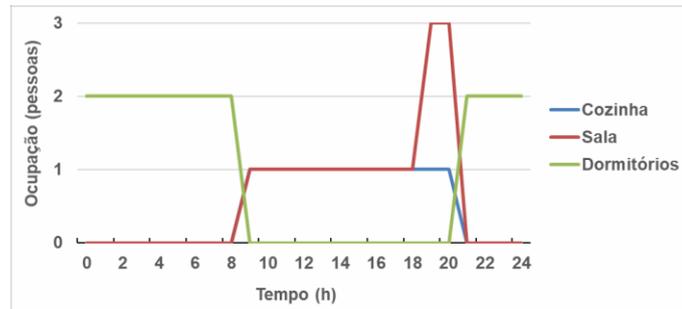




A definição das cargas internas compreendeu os seguintes pontos:

- Ocupação de pessoas: Foi definido o cronograma de ocupação da Figura 3 e considerada uma taxa de liberação de calor de 115 W (ABNT, 2008).

Figura 3: Cronograma de ocupação.



- Iluminação: foi adotado o uso de lâmpadas LED, dimensionadas a partir do método dos lúmens. Chegando no resultado de uma luminária de 32 W para a sala e dormitórios, duas de 8W na cozinha e duas de 6W no banheiro. Considerou-se que as luzes estão acesas durante o período de ocupação de cada cômodo e que as mesmas possuem controle de iluminação.
- Equipamentos elétricos: Com base no simulador de consumo da COPEL e as estimativas de consumo médio mensal de eletrodomésticos do PROCEL foram selecionados os eletrodomésticos indispensáveis de uma habitação familiar e estimadas sua potência e tempo de uso (COPEL, 2019; ELETROBRAS; PROCEL, 2015).
- Sistema de ar condicionado: Adotou-se o uso de aparelhos *mini-split*. Para realizar o dimensionamento foi rodada uma simulação com os parâmetros de projeto em *autosize*. A temperatura operativa do termostato foi adotada conforme a NBR 16401-2 como sendo 24 °C no verão e 22 °C no inverno. A partir do dimensionamento foram selecionados três modelos comerciais, 12.000 Btu para atender à cozinha-sala juntas (Z1 e Z5), e 7.000 Btu para atender cada um dos dormitórios (Z2 e Z4). Os campos em *autosize* foram substituídos pelos valores do catálogo, e o horário de funcionamento considerando como sendo



UK - BRASIL INTERNATIONAL

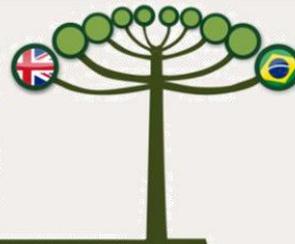
WORKSHOP

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO URBANO RESILIENTE AO CLIMA

09 a 13
Setembro
2019

Financing Urban Climate-Resilient Development

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil



igual às horas de ocupação.

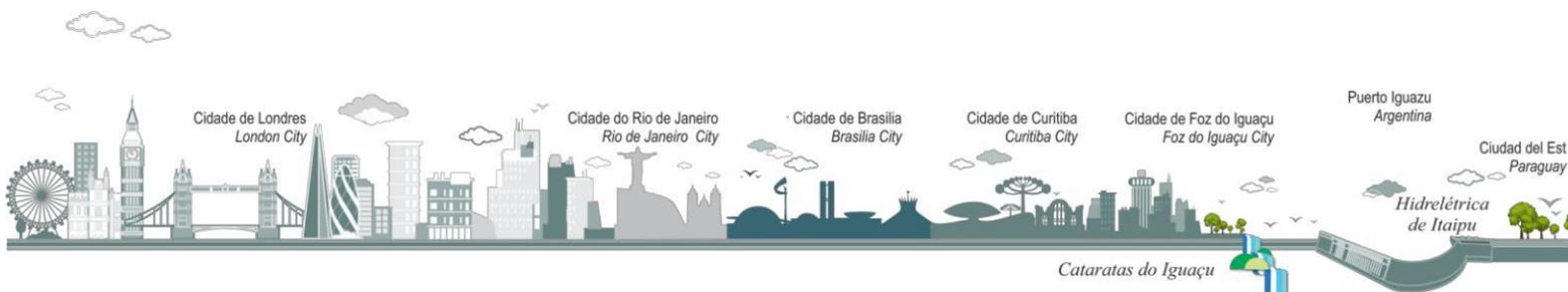
2.2 Fase de otimização

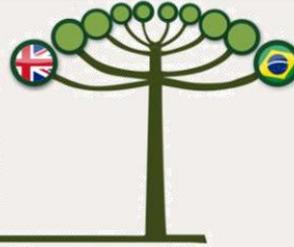
Uma vez configurados os arquivos de entrada de uma simulação, geralmente o potencial que as simulações oferecem para aprimorar os projetos não é completamente aproveitado. Hoje, otimizar uma construção consiste em adivinhar configurações de parâmetros que podem levar a um melhor desempenho do sistema, o qual é muito demorado. A geometria do edifício, o envelope e muitos outros sistemas construtivos interagem; se o número de parâmetros a serem variados exceder dois ou três, o analista tem dificuldade em entender as interações que ocorrem entre as variáveis, a fim de fazer um palpite que leve a uma melhoria. No entanto, a OBS permite determinar os valores dos parâmetros que levam ao desempenho ideal usando um procedimento computacional. Desta forma, usar um método de otimização matemática acoplado à simulação termo-energética, permite avaliar várias opções de projeto e obter o conjunto de parâmetros ideal ou quase ideal que minimizam ou maximizam, por exemplo, o custo do ciclo de vida (LCC), consumo energético ou conforto térmico (ATTIA; CARLUCCI, 2015; WETTER, 2000).

No presente trabalho, o programa escolhido como motor da otimização foi o GenOpt. Para formular um problema de OBS é necessário: criar o modelo de simulação, definir as funções objetivos, selecionar e definir as variáveis independentes, selecionar o algoritmo apropriado, e finalmente acoplar o programa de otimização com o de simulação para obter resultados. Nos itens anteriores foi definido o modelo de simulação, a continuação apresenta-se um resumo das fases subsequentes.

- Função objetivo

A modo de exemplo, se o objetivo for reduzir o consumo de energia em ar condicionado, adicionar mais isolamento seria naturalmente uma solução. No entanto, quando é feito um investimento maior no isolamento do edifício, haverá um limite para a espessura, além do qual qualquer aumento não será economicamente viável. Assim,





uma boa escolha é minimizar o LCC. No presente trabalho, o valor absoluto do LCC não é calculado, senão a diferença ($dLCC_i$) entre o LCC para cada alternativa (LCC_i) e aquele do caso base (LCC_b), desta forma a função a ser minimizada ficou definida como: $dLCC_i = dI + dSubs + dE = LCC_i - LCC_b$. Onde, I = valor presente (VP) do investimento; $Subs$ = VP dos custos de substituição; e E = VP dos custos de energia.

- Variáveis a serem otimizadas

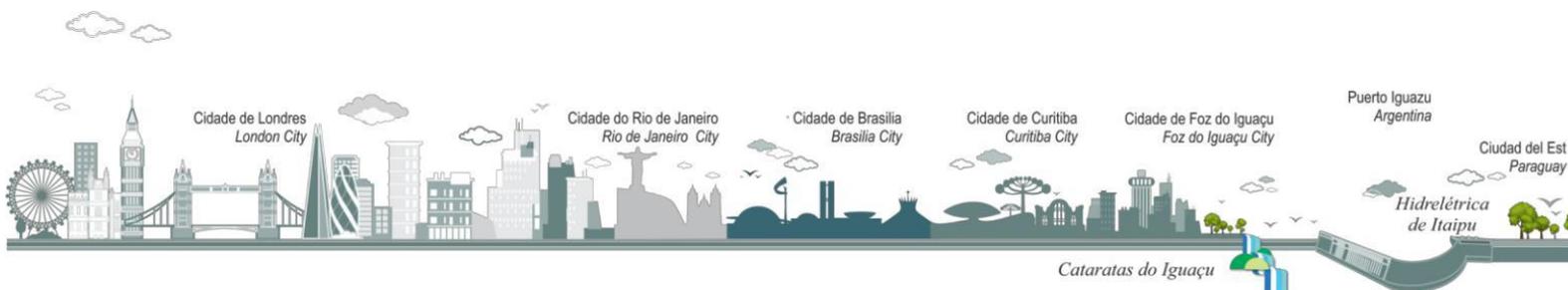
Harkouss et al. (2018) apresentam um resumo dos parâmetros/estratégias passivas mais estudados através de OBS. Escolhendo dentre estas variáveis as mais relevantes para o presente caso estudo, chegou-se no Quadro 3. Neste, J1 e J2 referenciam o tipo de vidro, sendo o primeiro vidro simples e o segundo vidro com película solar modelo neutral da 3M (3M, 2012).

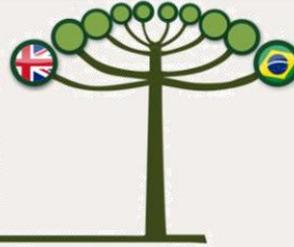
Quadro 3: Variáveis da otimização.

Var.	Descrição	Min.	Máx.	Degrau	Variações
e_isol	Esp. do isolamento	0,07	0,15	0,02	0,07 0,09 0,11 0,13 0,15
L_jan	Largura das janelas	1,09	1,89	0,2	1,09 1,29 1,49 1,69 1,89
Ang_bh	Inclinação dos brises	90	120	10	90 95 100 105 110 115 120
TV	Tipo de vidro				J1 J2
Azim	Orientação	0	360	60	0 60 120 180 240 300 360
tau	Trans. das cortinhas				0,1 0,3 0,4 0,7

- Algoritmo de otimização

Não existe uma regra genérica para a seleção do algoritmo, isto é inviável devido à complexidade e diversidade dos problemas de OBS (NGUYEN; REITER; RIGO, 2014). Portanto, a primeira otimização será rodada três vezes, utilizando os algoritmos: GPShookeJeeves; PSO (*Particle Swarm*); e GPSPSOCCHJ (Híbrido). Os resultados serão comparados e procedera-se com aquele que apresente melhor desempenho em relação à redução da função objetivo e custo computacional.

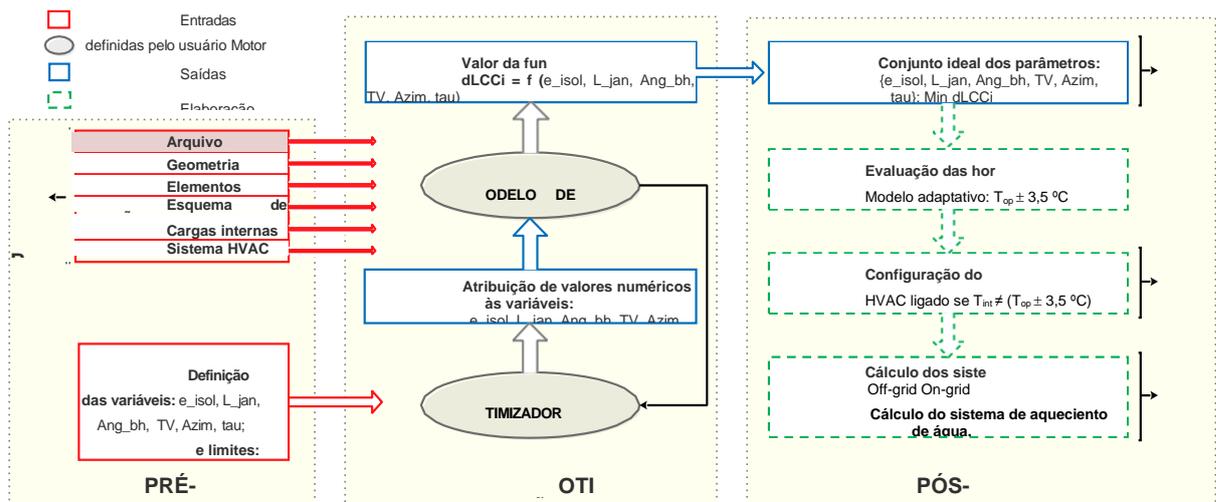




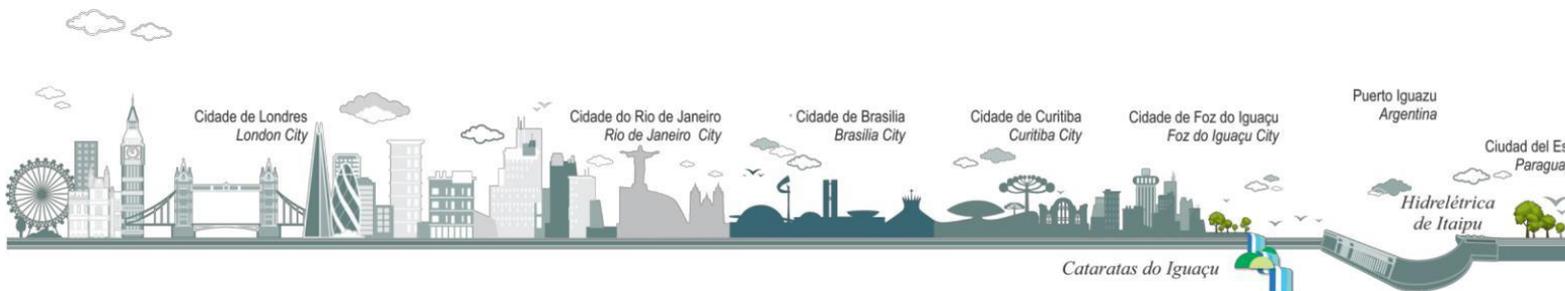
2.3 Continuidade do trabalho

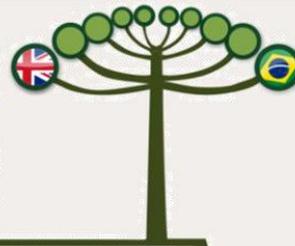
A metodologia geral do trabalho é mostrada na Figura 4. Até o momento foi completada a fase de pré-processamento. Posteriormente, será dada continuidade ao trabalho prosseguindo com a execução das otimizações. Durante o processo de otimização, o algoritmo de otimização escolhido do GenOpt atribui valores ao conjunto de variáveis a serem otimizadas, estes parâmetros são inseridos no EnergyPlus, o qual realiza a simulação e calcula o valor da função objetivo. Este processo iterativo continua até que os critérios de parada sejam atendidos e a função objetivo minimizada.

Figura 4: Esquema geral das etapas da metodologia.



A partir do uso dos arquivos climáticos da cidade representativa de cada uma das oito zonas bioclimáticas do território brasileiro, serão obtidos 8 modelos de edificação otimizados (MO). Para cada MO será feita uma avaliação do conforto térmico aplicando o modelo adaptativo, e posteriormente calculado o consumo energético quando o termostato funciona de acordo a este modelo de conforto. Em



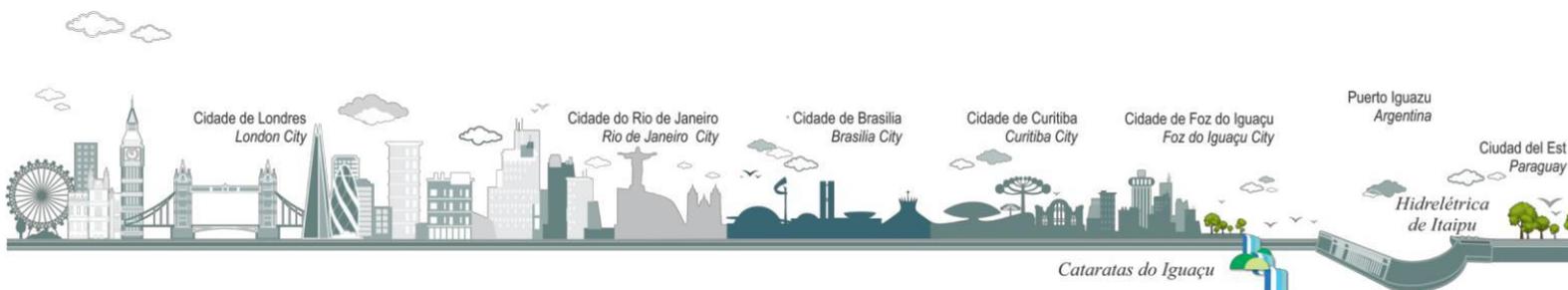
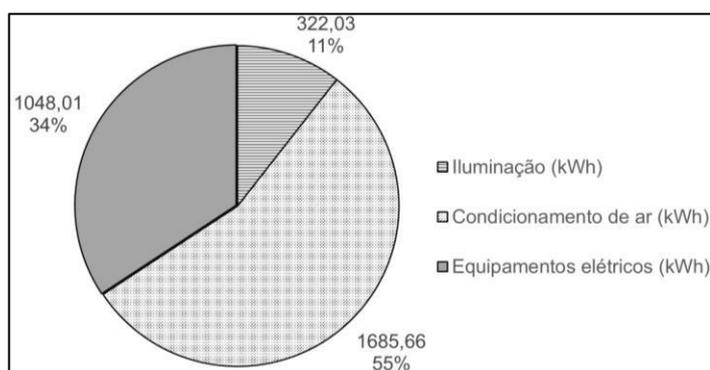


outras palavras, o sistema de ar condicionado será ligado somente quando a temperatura interior (T_{int}) estiver fora do intervalo de temperatura operacional (T_{op}) da classe de 80% de aceitabilidade definida pela ASHRAE 55. Este terceiro modelo de simulação é denominado Modelo Optimizado com Conforto (MOC). Uma vez finalizada a etapa de análise térmica, passara-se ao cálculo dos sistemas solares para aquecimento solar de água, e fotovoltaicos *off-grid* e *on-grid* para geração da energia elétrica para suprir as necessidades energéticas do MOC e assim tornar os modelos de edificação NZE ao longo do ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta primeira instancia, foi finalizada apenas a fase de pré-processamento, os resultados das otimizações ainda não foram obtidos. Rodando a simulação anual para o MB chegou-se nos valores da Figura 5, onde observa-se que o condicionamento de ar representa mais da metade do consumo, sendo que 83,8% do mesmo é para refrigeração é 16,2% para aquecimento.

Figura 5: Resultado da simulação do MB – consumo anual por classes.





UK - BRASIL INTERNATIONAL

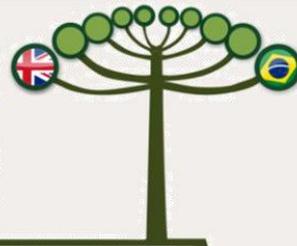
WORKSHOP

09 a 13
Setembro
2019

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development

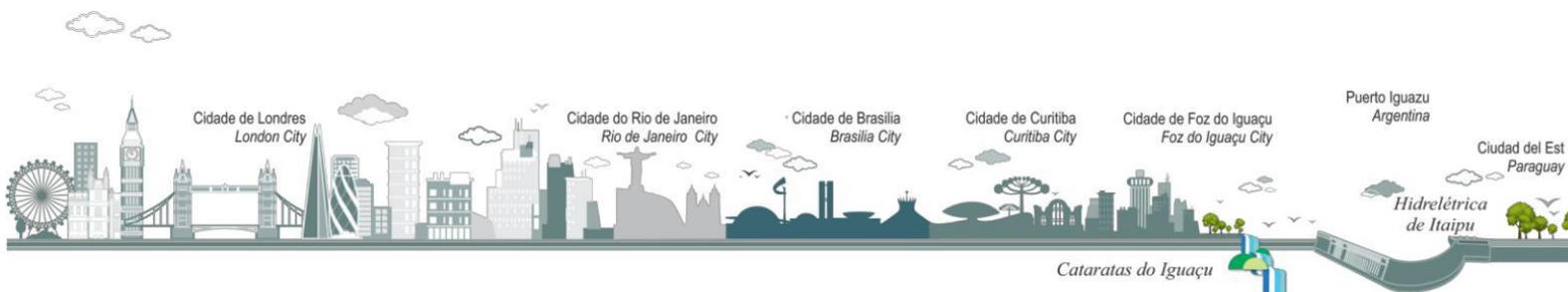


A literatura aponta que estudos de OBS aplicados em climas frios e temperados atingem reduções de 20 a 30% do consumo de energia. No entanto, para climas mais quentes tem sido elaborados menos trabalhos e a situação muda. Em um estudo realizado em um edifício comercial localizado em um clima quente chegou-se a uma redução de 7,1% do consumo de energia. Outro estudo em este tipo de clima atingiu uma redução das horas de desconforto e do ciclo de vida de 86,1% e 14,6%, respectivamente (NGUYEN; REITER; RIGO, 2014).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exposto neste artigo compreende a fase inicial de um trabalho de pesquisa que visa como meta final conceber um total de 8 modelos de NZEBs em CMs para cada clima brasileiro. Neste artigo foi apresentado brevemente o procedimento para desenvolver o modelo base de simulação termo-energética e a definição dos parâmetros da otimização. Dando continuidade, a futuro serão obtidos resultados das otimizações para cada zona bioclimática, da análise de conforto térmico, e dos cálculos de dimensionamento dos sistemas solares para aquecimento de água e geração de energia elétrica *on-grid* e *off-grid*.

No Brasil, o incentivo às NZEBs ainda não é uma meta do governo (EPE; MME, 2017); dada esta situação, este trabalho representa uma tentativa na promoção do desenvolvimento de NZEBs. Além disso, esta pesquisa objetiva identificar e ajudar a promover práticas eficientes para a construção em CMs, incentivando a inclusão de este tipo de edifício sustentável como alternativa à construção convencional.





UK - BRASIL INTERNATIONAL

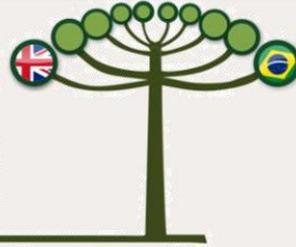
WORKSHOP

FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA

09 a 13
Setembro
2019

Financing Urban Climate-Resilient Development

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil



REFERÊNCIAS

3M. *Window Film Manual*. St. Paul, Minnesota: 3M Renewable Energy Division, 2012.

ABNT, A. B. DE N. T. *NBR 15220-2 Desempenho térmico de edificações — Parte 2. Associação Brasileira de Normas Técnicas*. Rio de Janeiro, RJ: ABNT. , 2003

ABNT, A. B. DE N. T. *NBR 16401-1: Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários - Parte 1: Projetos das instalações*. . Rio de Janeiro, RJ: ABNT. , 2008

ALIREZAEI, M.; NOORI, M.; TATARI, O. Getting to net zero energy building: Investigating the role of vehicle to home technology. *Energy and Buildings*, v. 130, p. 465–476, 2016.

ANTAC. *Movimentação de Contêineres*. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ASHRAE, A. S. OF H. R. AND A. E. Heat, air, and moisture control in building assemblies - Material properties. *ASHRAE Handbook: Fundamentals SI Edition*. Atlanta, GA, USA: ASHRAE, 2013.

ATHIENITIS, A.; O'BRIEN, W. *Modeling, Design, and Optimization of Net-Zero Energy Buildings*. Berlin, Germany: Wilhelm Ernst & Sohn, 2015.

ATTIA, S.; CARLUCCI, S. Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate. *Energy and Buildings*, v. 102, p. 117–128, 1 set. 2015.

BERBESZ, A. M.; SZEFER, I. M. Innovations in shaping the residential and retail buildings. 2018, [S.l: s.n.], 2018.

BERNARDO, L. F. A. *et al.* Use of Refurbished Shipping Containers for the Construction of Housing Buildings. *Journal of Civil Engineering and Management*, v. 19, n. 5, p. 628–646, 2013.

CAO, X.; DAI, X.; LIU, J. Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings. *Energy & Buildings*, v. 128, p. 198–213, 2016.

COPEL. *Simulador*. Disponível em: <<https://bit.ly/2E22buV>>. Acesso em: 15 maio 2019.

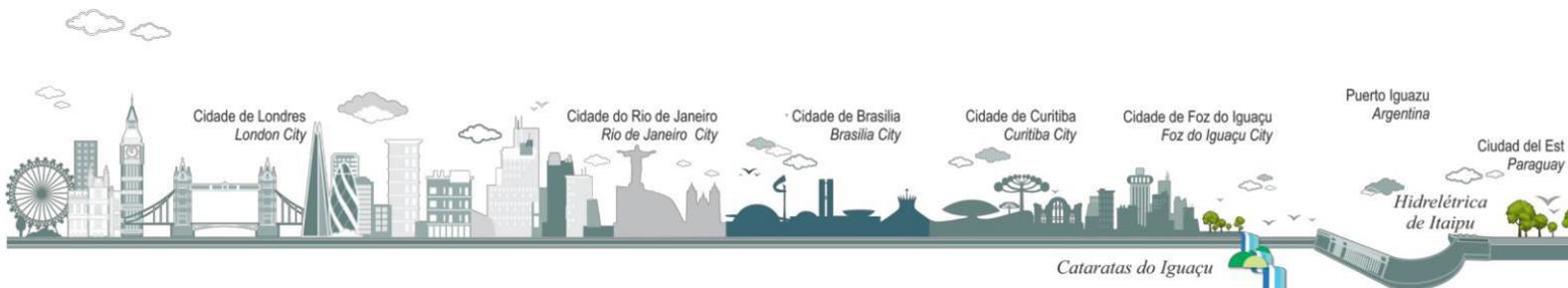
CRAWLEY, B. D.; PLESS, S. Getting to Net Zero. *ASHRAE Journal*, n. September, 2009.

ELETROBRAS; PROCEL. *Tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos*. Disponível em: <<https://bit.ly/2M1xsmu>>. Acesso em: 6 dez. 2019.

ELRAYIES, G. M. Thermal Performance Assessment of Shipping Container Architecture in

ISSN 2675-3456

226





UK - BRASIL INTERNATIONAL

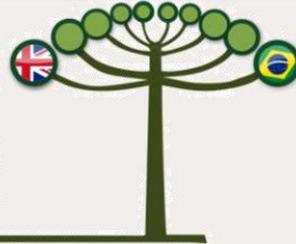
WORKSHOP

Foz do Iguaçu | Paraná | Brasil

09 a 13
Setembro
2019

**FINANCIAMENTO DO DESENVOLVIMENTO
URBANO RESILIENTE AO CLIMA**

Financing Urban Climate-Resilient Development



Hot and Humid Climates. n. August, 2017.

EPE; MME. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2026*. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2017.

EU. *DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL* [S.I.]: Official Journal of the European Union, 2010.

IBGE, I. B. DE G. E E. *Censo Demográfico 2010*. IBGE. Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2010.

IEA, I. E. A. *World Energy Outlook 2018*. [S.I.]: IEA, International Energy Agency, 2018.

IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: [s.n.], 2015.

IPEEC. *Zero Energy Building Definitions and Policy Activity*. Colorado, USA: [s.n.], 2018.

ISLAM, H. *et al.* Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. *Energy & Buildings*, v. 128, p. 673–685, 2016.

ISMAIL, M. *et al.* Container architecture in the hot-humid tropics. 2015, Malaysia: [s.n.], 2015.

KRISTIANSEN, A. B.; MA, T. Perspectives on industrialized transportable solar powered zero energy buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 108, p. 112–124, 2019.

LAWRENCE LAB. *WINDOW Software Downloads*. Disponível em: <<https://windows.lbl.gov/tools/window/software-download>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

NEJAT, P. *et al.* A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 43, p. 843–862, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>>.

NGUYEN, A.; REITER, S.; RIGO, P. A. A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis. *Applied Energy*, v. 113, p. 1043–1058, 2014.

SCHIAVONI, S. *et al.* A nZEB housing structure derived from end of life containers : Energy , lighting and life cycle assessment. *Building Simulation*, n. August, 2016.

SUN, Z.; MEI, H.; NI, R. Overview of Modular Design Strategy of the Shipping Container Architecture in Cold Regions. 2017, Suzhou, China: [s.n.], 2017.

WETTER, M. Design optimization with GenOpt Design Optimization with GenOpt. *Building Energy Simulation User News*, v. 21, n. September/October, 2000.

ISSN 2675-3456

227

