



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Artes
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Anderson Azevedo Fraga

**Potencial de Adoção do Conceito Zero Energy para Edifícios
Comerciais em Vitória-ES**

Vitória
2020



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Artes
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Anderson Azevedo Fraga

**Potencial de Adoção do Conceito Zero Energy para Edifícios
Comerciais em Vitória-ES**

Vitória
2020

Resumo

O consumo de energia no uso de edificações vem crescendo gradativamente ao longo das últimas décadas, fruto do desenvolvimento industrial e da revolução tecnológica que vem acompanhando este movimento. A emissão de gases poluentes e a modificação do clima são consequências desse cenário de desenvolvimento e consumo. Aliado a esses fatores, as edificações contribuem para o agravamento desse cenário, uma vez que o uso destas acarreta em impactos negativos significativos ao meio ambiente. Em contraponto, edificações energeticamente eficientes vêm se tornando pré-requisito para o planejamento de novos ambientes construídos, modificando a forma como a comunidade percebe a relação entre a edificação e o consumo de energia. Este trabalho tem como objetivo estudar o potencial de aplicação do conceito Zero Energy para edificações comerciais, com o intuito de verificar a validade do método para o cenário construtivo brasileiro adotando como estudo de caso uma edificação em Vitória (ES). Metodologicamente, este estudo foi desenvolvido com base em três grandes etapas, onde a primeira consistiu em realizar o levantamento das edificações dentro de um recorte territorial pré-estabelecido, selecionar as características construtivas e arquitetônicas mais frequentes entre elas e construir modelos representativos do cenário observado; a segunda consistiu em submeter os modelos representativos à simulações computacionais para avaliar o desempenho energético, as possíveis formas de efficientização e de produção de energia; e por fim, a terceira etapa, na qual foi realizada avaliação dos resultados e da viabilidade econômica de implantação do sistema de produção de energia. Os resultados mostraram que as estratégias de implementação de sistemas de condicionamento de ar, de equipamentos e iluminação mais eficientes são muito importantes para a economia de energia. É perceptível que a proposição de soluções construtivas e arquitetônicas mais eficientes em relação ao desempenho energético associado a técnicas de obtenção de energia podem resultar em uma edificação com o balanço energético nulo ou próximo ao nulo. Esses resultados indicam que a adoção desse conceito para novas edificações é factível e cada vez mais acessível à comunidade.

Palavras-chave: zero energy buildings; balanço energético nulo; edifício de escritório.

Abstract

The energy consumption in using a building is growing in constant pace in the last decades, coming from the industrial development and technological revolution which comes together with this movement. The emission of Greenhouse Gas and climate change are consequences of these scenario of development and consumption. Allied to these factors, buildings contribute to the worsening of this scenario, since the use of these constructions mean negative impacts on the environment. In contrast, energy efficient buildings have become a must-do for planning new built environments, changing the way the community perceives the relationship between the building and energy consumption. This work aims to study the potential application of the Zero Energy concept for commercial buildings in Vitória, in order to verify the validity of the method for the Brazilian construction scenario and contribute to the dissemination of this form of building planning. Therefore, this study was developed based on three major stages, as the first consisted of surveying the buildings within a pre-established territorial outline, selecting the most frequent construction and architectural characteristics among them and build representative models of the observed scenario; the second stage consisted of subjecting the representative models to computer simulations to show the energy performance of the buildings surveyed, ways to optimize and, thus, reduce the energy consumption of the models and forms of solar energy production applied to the reference buildings; and finally, the third stage, in which the results were evaluated and the economic feasibility of implementing the energy production system were done. The results showed that the strategies for implementing more efficient air conditioning systems, equipment and lighting are very important for energy savings. The combination of construction and architectural modifications for materials with higher energy performance provide the environment to achieve zero energy or near zero energy states. These results indicate that the adoption of this way of thinking about building is feasible and increasingly accessible to the community.

Keywords: Zero Energy Buildings; near Zero Energy Buildings; office buildings.

Lista de Abreviaturas

ABIVIDRO – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica
ARSP – Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo
ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers
ASPE – Agência de Serviços Públicos de Energia do Espírito Santo
CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CNI – Confederação Nacional da Industria
DOE – Department of Energy of United States of America
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA – International Energy Agency
INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico
PMV – Prefeitura Municipal de Vitória
SIN – Sistema Interligado Nacional
SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Espírito Santo
UNDP – United Nations Development Programme

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Sumário

1	Introdução	7
1.1	Questionamentos	8
1.2	Objetivos	9
2	Referencial Teórico	9
2.1	Introdução ao conceito Zero Energy	10
3	Definições	11
3.1	Zero Energy	11
4	Método	11

1 Introdução

A energia elétrica é um recurso essencial para o desenvolvimento econômico de um país, para a qualidade de vida da população e para a manutenção do meio ambiente por meio de seu uso eficiente (FONSECA et al., 2016). A importância do uso racional e eficiente deste recurso torna imprescindível a conservação e redução do seu desperdício para a sustentabilidade do ambiente em que se vive.

Desde a crise do petróleo, ocorrida nos anos de 1970, a eficiência energética tem a função de proporcionar condições para suprir à demanda futura de energia. Esta gestão eficiente do consumo de energia é essencial para reduzir o impacto energético de setores como o de edificações, o qual consome de 36 a 40% da energia total final global. A necessidade de expansão dos setores econômicos provoca demanda por energia elétrica. Esta busca resulta em desperdícios oriundos da falta de políticas públicas efetivas, de investimento em tecnologia e de fiscalização sobre o consumo deste insumo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP, 2019; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2019; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP, 2019; UNITED NATIONS, 2017).

Em contraponto à demanda e ineficiência energética, as edificações comerciais, em particular as de escritório, podem desempenhar funções estratégicas como minimizar o uso energético e produzir eletricidade, aproximando ou equalizando a zero a razão entre a produção e o consumo de energia. Estas edificações são denominadas edificações com balanço energético nulo, ou Zero Energy Buildings – ZEB (CRAWLEY; PLESS; TORCELLINI, 2009; TORCELLINI; PLESS; DERU et al., 2006; KURNITSKI; SAARI et al., 2011; KURNITSKI; ALLARD et al., 2015; TORCELLINI; PLESS; LEACH, 2015).

Calcula-se que a tendência de adoção desta forma de projetar edificações crescerá até 2050, haja vista que a publicação de normas e regulamentações acerca do tema vêm crescendo ao redor do mundo (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP, 2019). Com a introdução de uma ZEB, a exploração de recursos renováveis complementares como a energia solar, e a utilização de tecnologia solar fotovoltaica, surgem como opção para minimizar as consequências negativas causadas por condições climáticas, de infraestrutura e socioeconômicas adversas (PIKAS; THALFELDT; KURNITSKI, 2014; PIKAS; KURNITSKI et al., 2017).

A quantidade de radiação solar recebida no Brasil, por exemplo, alcança a ordem de 1.013 MWh, nível acima de países com grande capacidade de geração de energia solar. Este fato torna viável a adoção deste recurso como forma de reduzir o uso de fontes de energia fósseis e como economia no consumo de água. A disponibilidade de energia solar no Brasil alcança cerca de 6,5 kWh/m² ao ano e, no Espírito Santo, entre 4,8 a 5,2 kWh/m² ao ano (AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO - ARSP, 2019; DIDONÉ, 2014; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2018). A relação entre fontes da matriz energética brasileira é composta por 45% de fontes renováveis e 55% de fontes não-renováveis de energia. Há, ainda, a previsão de que a parcela de geração de eletricidade por meio de fontes renováveis, que em 2018 era de 83,3%, atinja 87% até 2040 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017b). No entanto, há controvérsias na classificação da fonte hidrelétrica como renovável, considerando a dependência da água, dos ciclos de chuva e dos impactos gerados na construção das usinas (LEME, 2012).

Dentro do contexto de segurança energética, a crise brasileira, ocorrida em 2001, provocou mudanças no planejamento do fornecimento de energia elétrica, com o posterior

surgimento de medidas atenuantes às dificuldades de cunho ambiental e de infraestrutura da época. Em seu ápice, no ano de 1999, o país passou pelo período popularmente denominado “apagão”, o qual representou a falta de fornecimento em 70% do território nacional. O consumo de energia elétrica, entre os anos de 1990 e 2000, sofreu aumento de 49%, enquanto a capacidade instalada foi expandida em 35%, ocasionando o descompasso entre consumo e fornecimento nesta época (CONEJERO; CALIA; SAUAIA, 2016; TOLMASQUIM, 2000).

Verifica-se também que a centralização de geração de energia representa fragilidade para o modelo de comercialização utilizado no Brasil (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017). Logo, as mudanças observadas sobre a incorporação e aumento da participação de fontes renováveis de energia no mix energético brasileiro, além da inserção de edificações com alto desempenho energético como as ZEB's, pode servir como uma das respostas necessárias visando a segurança energética e elevando a confiabilidade do SIN - Sistema Interligado Nacional (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017a).

No âmbito estadual, o Espírito Santo vem apresentando redução na produção de energia limpa nos últimos 8 anos, quando comparado proporcionalmente ao consumo de fontes tradicionais. Existe ainda a parcela de geração de energia elétrica oriunda de fontes não-renováveis de energia, como usinas termelétricas, correspondendo a 65% de toda a capacidade instalada em operação do Espírito Santo, restando 35% de fontes renováveis, composta por usinas hidrelétricas, com participação de 34%, e geradores de energia solar fotovoltaica, com 1% (AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO - ARSP, 2019; ENERGIAS DE PORTUGAL - EDP, 2017).

Sabe-se que as edificações comerciais no Brasil utilizam majoritariamente a eletricidade, em especial as edificações de escritório, com aproximadamente 92% do consumo total, enquanto edificações de uso não-comercial utilizam fontes de energia diversificadas. Assim, a redução superficial de consumo de energia destas edificações nos últimos 5 anos, quando comparado com os outros setores econômicos, é da ordem de 2,74%, o que reforça a importância em proporcionar o aumento da eficiência energética para o segmento de edificações comerciais (AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO - ARSP, 2018, 2019; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2018).

À vista destes dados, a presente pesquisa objetivou avaliar o potencial de adoção do conceito Zero Energy enquanto uma das possíveis estratégias visando a redução dos problemas energéticos e ambientais relacionados às edificações de escritório, como forma de contribuir aos novos mecanismos para planejar e projetar o ambiente construído. Da mesma forma, busca-se evidenciar medidas que propiciem a redução do impacto do consumo energético vinculado ao uso destes edifícios.

1.1 Questionamentos

Considerando que:

- Existe uma parcela de energia elétrica proveniente de fontes fósseis no Estado e que este quadro pode se agravar ao longo do tempo, visto a falta de representatividade das fontes alternativas de geração de energia na matriz energética do Espírito Santo;
- A demanda energética das edificações comerciais poderia ser reduzida, se desde a fase projetual fosse considerada as potencialidades e restrições ambientais do

entorno;

- A micro e mini geração de energia elétrica é uma possibilidade que deve ser incrementada no Brasil, principalmente considerando o potencial de queda de custos na implementação de fontes de geração de energia elétrica descentralizada;
- Os componentes da edificação, como envoltória e os sistemas de conforto termoeenergético, são subutilizados ou mal dimensionados no âmbito do recorte territorial considerado, acarretando a baixa eficiência energética do edifício.

A pergunta foi estabelecida a partir do seguinte questionamento: considerando as características do ambiente construído no âmbito da Região Metropolitana da Grande Vitória, é possível desenvolver edificações cujos valores de demanda e produção de energia elétrica resultem em nulo ou quase nulo?

1.2 Objetivos

Diante do exposto, o objetivo principal desta pesquisa foi avaliar a aplicabilidade do conceito Zero Energy em edificações comerciais, especificamente de escritório, com estudo de caso para o município de Vitória (ES). Este setor foi selecionado por apresentar padrões amplamente difundidos de uso e ocupação, de equipamentos e da conformação do espaço, que não só viabilizam a adoção de tecnologias de produção de energia elétrica, como também facilita a análise de desempenho termoeenergético, quando comparado às edificações do setor industrial e do setor residencial.

Visando alcançar os resultados esperados, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os parâmetros aplicáveis às edificações de escritório inerentes ao conceito Zero Energy e Near Zero Energy, assim como sua viabilidade econômica;
- Mapear e diagnosticar as edificações comerciais concluídas a partir de 2003, em Vitória – ES, como recorte da pesquisa, com a caracterização da envoltória e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar;
- Identificar métodos para a geração energética e formas de racionalização do consumo de energia, estabelecendo diretrizes para situações semelhantes.

2 Referencial Teórico

Este capítulo trata das referências utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa. O referencial teórico foi organizado, em grande parte, com base nos estudos de Didoné (2014), Didoné, Wagner e Pereira (2014), Kurnitski et al. (2011) e Torcellini et al. (2006). Estas referências tratam das definições sobre Zero Energy Buildings, sobre conforto ambiental por meio de estratégias passivas e ativas, a eficiência energética voltada a edificações e a produção de energia elétrica por meio de tecnologias fotovoltaicas. Estes autores foram escolhidos por serem referências recorrentes em pesquisas posteriores as publicações citadas e apresentarem metodologias e embasamentos teóricos importantes para o desenvolvimento de pesquisas sobre o tema Zero Energy. Da mesma forma, foram utilizados conceitos abordados pela Instrução Normativa Inmetro para Classe de

Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C (2018) e pelas normas NBR 15.220 (2019), e The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE Standard 55 (2017), 140 (2017) e 90.1 (2010). O contexto socioeconômico e climático de Vitória, assim como a caracterização da tipologia de referência para suporte metodológico das simulações e constituição dos modelos genéricos foram abordados neste capítulo.

2.1 Introdução ao conceito Zero Energy

Define-se que um edifício Zero Energy – ZEB, ou em português, balanço energético nulo, é uma edificação energeticamente eficiente onde, considerada a fonte energética, a energia elétrica fornecida pela concessionária é anualmente menor ou igual à quantidade de energia renovável exportada pela edificação para a rede (TORCELLINI; PLESS; DERU et al., 2006; U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - USDOE, 2012, 2015). Domingos et al. (2014) define que o balanço energético nulo pressupõe uma arquitetura adequada ao uso de elementos construtivos e equipamentos de alta eficiência energética, aliado ao desempenho da fonte geradora de energia elétrica a partir de fontes renováveis. A redução do consumo de energia em novas edificações ou em processo de melhoria pode ser alcançada por meio de projetos integrados à tecnologias de produção de energia, com adoção de soluções energeticamente eficientes, e por programas de economia de energia (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2015). Torcellini et al. (2006) estabelecem quatro definições acerca das formas de se atingir o ZEB em edificações de baixo consumo de energia, ou comumente denominadas Low-Energy Buildings. Dentre as formas estudadas estão:

- Zero Site Energy, ou energia local zero ou ainda energia da edificação (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2015), onde é avaliada a potencialidade de produção de energia elétrica para a edificação utilizando os recursos presentes no local, ou on-site, onde o edifício está implantado. É minimamente avaliado o consumo dos sistemas de condicionamento de ar, de aquecimento quando existente, ventilação, cargas de equipamentos e de sistema de iluminação;
- Zero Source Energy, ou fonte de energia zero, trata-se do conceito onde é levado em consideração toda a cadeia de produção total anual de energia utilizada pela edificação e de consumo de energia primária do edifício. Esta avaliação leva em conta a eletricidade, combustíveis utilizados em processamento e transporte de materiais e componentes para o local da edificação, entre outros aspectos;
- Zero Energy Cost, ou custo de energia zero, é avaliada a razão, no mínimo igual, entre a quantidade total de dinheiro que é arrecadado com a venda de energia produzida on-site à concessionária, e a quantidade total paga pela utilização de serviços e energia consumida ao longo do ano; e
- Zero Energy Emissions, ou emissão zero, onde a edificação produz uma quantidade de energia renovável livre de emissão de GEE ao menos igual a quantidade de energia consumida proveniente de fontes de energia emissoras de GEE.

3 Definições

A Construção Civil brasileira passou um processo de regulamentação e aplicação de normas relativamente recente, iniciado na década de 90 (CHEN; YANG; PENG, 2019). Após diversas discussões acerca da melhor forma de implementação de medidas (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - USDOE, 2011).

3.1 Zero Energy

Testando o texto, como pode ficar com caracteres especiais como caçar as cotias do novo milênio.

Item		
Animal	Description	Price (\$)
Gnat	per gram	13.65
	each	0.01
Gnu	stuffed	92.50
Emu	stuffed	33.33
Armadillo	frozen	8.99

4 Método

Assim, neste capítulo são apresentadas as três principais etapas utilizadas na metodologia para esta pesquisa. Estas etapas podem ser descritas como:

- i. Definição dos modelos genéricos. A etapa de definição dos modelos foi elaborada em 3 partes, dentre as quais:
 - a. Coleta de dados sobre as características das edificações comerciais, especificamente de escritório, em Vitória (ES);
 - b. Levantamento e definição das variáveis sobre os padrões de uso e ocupação das salas de escritório, assim como padrões de conforto e níveis de eficiência energética dos equipamentos de condicionamento de ar e iluminação;
 - c. Estabelecimento dos modelos genéricos com o intuito de evidenciar o consumo total final de energia elétrica por meio da determinação da classe de eficiência energética da edificação, proposta pela INI-C, e o potencial de otimização e produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis.
- ii. Simulações. Nesta etapa são avaliadas as características mais influentes no consumo energético da edificação de referência e o potencial de geração de energia solar. Ambas as avaliações serão feitas por meio de simulação computacional. As simulações foram fracionadas em 3 partes, dentre as quais:
 - a. Simulação dos modelos real e de referência, onde é feita a determinação da classe de desempenho energético das edificações observadas em campo;
 - b. Otimização dos modelos genéricos, representando a etapa onde são implementadas estratégias passivas e ativas visando a efficientização da edificação;

Referências

- TOLMASQUIM, Mauricio. As Origens da Crise Energética Brasileira. **Ambiente & Sociedade**, n. 6/7, p. 179–183, 2000.
- TORCELLINI, P; PLESS, S; DERU, M et al. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. **ACEEE Summer Study Pacific Grove**, August, p. 15, 2006. ISSN 14710846. DOI: 10.1016/S1471-0846(02)80045-2. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>.
- CRAWLEY, Drury; PLESS, Shanti; TORCELLINI, Shanti. Getting to Net Zero Energy Buildings. **AHSRAE Journal**, September, 2009. Disponível em: http://www.google.com/url?sa=t&source=web&Dct=res&Dcd=2&Durl=http://www.stanford.edu/group/peec/cgi-bin/docs/home/events/2009/public_%7Ddiscussions/presentation_%7DSelkowitz.pdf&Dei=D1JGSvimPIHaNaCF3aIB%7B%5C%7Dusg=AFQjCNGQgaTzt2zJXfRxbcdGcd2lE-J6WQ.
- KURNITSKI, Jarek; SAARI, Arto et al. Cost optimal and nearly zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation. **Energy and Buildings**, Elsevier B.V., v. 43, n. 11, p. 3279–3288, 2011. ISSN 03787788. DOI: 10.1016/j.enbuild.2011.08.033. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.08.033>.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - USDOE. **Achieving the 30% Goal Energy and Cost Savings Analysis of ASHRAE Standard 90-1-2010**. Washington, 2011. p. 370.
- LEME, Alessandro Andre. State and Electricity Sector in Brazil: Privatization and Reform in Perspective. **International Journal of Social Science Tomorrow**, v. 1, n. 2, p. 1–8, 2012.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - USDOE. **How-To Guide for Energy-Performance-Based Procurement: An Integrated Approach for Whole Building High Performance Specifications in Commercial Buildings**. Washington - DC, 2012. p. 80.
- DIDONÉ, Evelise Leite. **Parametric study for net zero energy building strategies in Brazil considering semi-transparent PV windows**. 2014. f. 230. Tese (Doutorado) – Karlsruhe Institute of Technology – KIT.
- PIKAS, E.; THALFELDT, M.; KURNITSKI, J. Cost optimal and nearly zero energy building solutions for office buildings. **Energy and Buildings**, v. 74, p. 30–42, mai. 2014. ISSN 03787788. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.01.039.
- KURNITSKI, Jarek; ALLARD, Francis et al. How to define nearly net zero energy buildings nZEB. May 2011, 2015.
- TORCELLINI, Paul; PLESS, Shanti; LEACH, Matt. A pathway for net-zero energy buildings: Creating a case for zero cost increase. **Building Research and Information**, 2015. ISSN 14664321. DOI: 10.1080/09613218.2014.960783.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY - USDOE. **Testing with Building Thermal Envelope and Fabric Load Tests from ANSI/ASHRAE Standard 140-2011**. Washington, D.C., 2015. p. 58. Disponível em: www.gard.com.

CONEJERO, Maria Carolina; CALIA, Rogério Cerávolo; SAUAIA, Antonio Carlos Aidar. REDES DE INOVAÇÃO E A DIFUSÃO DA TECNOLOGIA SOLAR NO BRASIL. **RAI - Revista de Administração e Inovação**, Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP, v. 12, n. 2, p. 90, out. 2016. DOI: 10.11606/rai.v12i2.100334.

FONSECA, Raphaela Walger da et al. **Avaliação do desempenho termoenergético de modelos de referência de escritórios elaborados com base em levantamento de características construtivas nacionais**. São Paulo, 2016. p. 1853–1866. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308698471>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**. [S.l.], 2017. p. 232. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/%20topico-168/Anuario2017vf.pdf>.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia**. Brasília, Distrito Federal, 2017. p. 345. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2027>.

ENERGIAS DE PORTUGAL - EDP. **Living Energy Book by EDP: Relatório Anual 2017**. Vitória, 2017. p. 196. Disponível em: http://www.edp.com.br/conheca-edp/relatorios/Documents/RA%7B%5C_%7D2017%7B%5C_%7DVf.pdf.

PIKAS, Ergo; KURNITSKI, Jarek et al. Cost-benefit analysis of nZEB energy efficiency strategies with on-site photovoltaic generation. **Energy**, Elsevier Ltd, v. 128, p. 291–301, 2017. ISSN 03605442. DOI: 10.1016/j.energy.2017.03.158. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.158>.

PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 6, p. 1082–1100, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2064>.

UNITED NATIONS. New Urban Agenda. In: UNITED Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III). Quito, Equador: Habitat III Secretariat, 2017. p. 66. ISBN 978-92-1-132731-1. DOI: ISBN:978-92-1-132757-1.

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO - ARSP. **Balanco Energético do Espírito Santo**. Vitória, 2018. p. 75.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017 - Relatório síntese**. Rio de Janeiro, 2018. p. 62.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **World Energy Outlook 2018**. France: IEA Publications, 2018. p. 661. ISBN 9789264306776. Disponível em: www.iea.org/weo.

AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DO ESPÍRITO SANTO - ARSP. **Informações Energéticas do Estado do Espírito Santo**. Vitória, 2019. p. 40.

CHEN, Xi; YANG, Hongxing; PENG, Jinqing. Energy optimization of high-rise commercial buildings integrated with photovoltaic facades in urban context. **Energy**, Elsevier Ltd, v. 172, p. 1–17, abr. 2019. ISSN 03605442. DOI: 10.1016/j.energy.2019.01.112.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Electricity Information - Overview**. Paris, 2019. p. 10.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector**. Paris, 2019. p. 41. ISBN 9789280737684. Disponível em: www.iea.org.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **The Renewables in Cities: 2019 Global Status Report**. Paris, 2019. p. 174. DOI: 978-3-9818911-9-5. Disponível em: www.ren21.net.