

Potencial de Utilização de Micro e Minicogeração em Centros Urbanos – Análise de Caso

Élio Vicentini*. Ricardo Caneloi dos Santos **. Ricardo da Silva Benedito ***

*Universidade Federal do ABC – Santo André SP – Brasil
e-mail: elio.vicentini@ufabc.edu.br

**Universidade Federal do ABC – Santo André SP – Brasil
e-mail: ricardo.santos@ufabc.edu.br

*** Universidade Federal do ABC – Santo André SP – Brasil
e-mail: r.benedito@ufabc.edu.br

Abstract: This work demonstrates the positioning of different energy sources in relation to access requests and indicates the potential of other energy sources, with the development and improvement of technologies, for urban centers. In this case, the work explains about natural gas cogeneration in places where the offer of roofs and areas for the implementation of solar systems are not possible or interesting, due to shading, positioning, area limitation, inadequate geometry, area costs or others types of interference. As part of the work, a case study and financial analysis are presented to demonstrate its feasibility. The future growth of this type of access must be considered in the planning and operation of distribution networks, as it will have a considerable participation in the constitution of the electric system in urban centers.

Resumo: Este trabalho demonstra o posicionamento das diferentes fontes de energia em relação às solicitações de acesso e indica o potencial de outras fontes de energia, com o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias, para centros urbanos. No caso, o trabalho explana sobre a cogeração a gás natural nos lugares onde a oferta de telhados e áreas para implantação de sistemas solares não são possíveis ou interessantes, devido à sombreamentos, posicionamento, limitação de área, geometria inadequada, custos das áreas ou outros tipos de interferências. Como parte do trabalho, é apresentado um estudo de caso e a análise financeira para demonstrar sua viabilidade. O futuro crescimento desse tipo de acesso deve ser considerado no planejamento e operação de redes de distribuição, pois terá uma participação considerável na constituição do sistema elétrico em centros urbanos.

Keywords: Cogeneration; Planning; Technology; Investment; Distributed Generation

Palavras-chaves: Cogeração; Planejamento; Tecnologia; Investimento; Geração Distribuída

1. INTRODUÇÃO

A publicação da Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 482, em abril de 2012, foi um marco para a distribuição de energia no país. Tal publicação definiu as condições regulatórias que criaram a possibilidade para os consumidores produzirem a sua própria energia elétrica e exportar o excedente para a rede de distribuição, em caráter de empréstimo à distribuidora, consumidoras que participam do programa em março de 2022 já é de 857.715, superando a previsão da própria ANEEL. O sistema elétrico será transformado e uma nova configuração de rede de distribuição, com geradores de energia compartilhando a sua infraestrutura elétrica, deverá ser considerada (ANEEL, 2012).

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Dentre tais benefícios, destacam-se o adiamento de investimentos na expansão dos sistemas de

transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2015).

Ao explorar os dados disponibilizados pela ANEEL, relativos à geração distribuída no país, é possível extrair diversas informações do segmento de geração distribuída (GD). Uma delas, que merece destaque, é a participação constituindo assim o Programa de Compensação de Energia. O número de unidades consumidoras nesse programa em 2017 era 26.834, sendo que a perspectiva prevista pela Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL de 24 de maio de 2017 (ANEEL, 2017) para 2024 era de 886.700 unidades consumidoras. Entretanto, o número atual de unidades das diferentes fontes de energia na composição desse tipo de conexão à rede. A geração solar fotovoltaica tem uma participação expressiva no número de acessos, devido à facilidade de implantação desses sistemas em telhados e áreas disponíveis. Além disso, também são atrativos dessa tecnologia a intensa radiação

solar no país, bem como o seu menor custo de implantação, quando comparada com as outras fontes de energia. A Tabela 1 contém a distribuição do número de acessos, por fontes renováveis, do início do programa (2012) até março de 2022.

Tabela 1 – Distribuição de acessos por fontes renováveis

Distribuição de acessos por fontes renováveis	
Eólica (EOL)	89
Termelétrica (UTE)	378
Hidráulica (CGH)	75
Solar (UFV)	857.173

Fonte: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/relacao-de-empreendimentos-de-geracao-distribuida>

A Fig. 1 mostra que a maioria dos acessos são referentes a clientes residenciais.

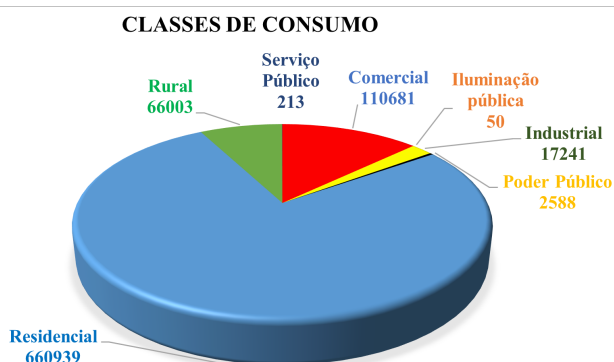


Fig. 1 Distribuição das Classes de Consumo (mar/2022)

Fonte: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/relacao-de-empreendimentos-de-geracao-distribuida>

A média observada da potência instalada das micro e minigerções nas classes de consumidores residencial e comercial é aproximadamente 6,2 kW e 28,1 kW, respectivamente. Essa última é a classe que possui maior quantidade de unidades consumidoras que se enquadram no perfil de instalações que demandam serviços de água quente e possuem condições para a adoção da cogeração. Em centros urbanos existe a dificuldade para o aproveitamento dos telhados, seja por questões de limitação de área, sombreamento ou verticalização das grandes cidades. Portanto, observa-se que em centros urbanos a geração fotovoltaica possui algumas restrições para sua utilização e outras alternativas devem ser consideradas. As instalações comerciais, industriais, hoteleiras e hospitalares são as mais sujeitas à essas restrições.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Análise do potencial da cogeração

A cogeração é uma alternativa conhecida para o aproveitamento de insumos energéticos disponíveis, principalmente no setor industrial, onde diferentes processos podem gerar elementos descartáveis na fabricação dos produtos, mas que podem gerar energia para o processo de produção. A definição básica de cogeração é o aproveitamento de um insumo que, pelo sistema de transformação, resulta em, no mínimo, dois serviços.

Para que a cogeração seja elegível no Programa de Compensação de Energia da ANEEL (ANEEL, 2012), a mesma precisa ser previamente classificada pelo órgão regulador como qualificada. O termo “qualificada” é um atributo concedido a cogeradores que atendem requisitos definidos pela Resolução Normativa ANEEL 235 de 14 de novembro de 2006 (ANEEL, 2006), segundo aspectos de racionalidade energética, para fins de participação nas políticas de incentivo à cogeração.

Instalações comerciais, industriais, hoteleiras, clubes, escolas, lavanderias, hospitais e grandes condomínios residenciais demandam, pela sua característica de serviço, não somente eletricidade, mas também calor. Com o desenvolvimento tecnológico, a cogeração qualificada se tornou atrativa para esses consumidores, que comportam cogerações de 10 a 5.000 kW de potência elétrica e normalmente necessitam o dobro em potência calorífica.

Além da geração própria de eletricidade, que reduz o consumo da instalação, o calor gerado no interior de um motor (por meio de sistemas de resfriamento e escapamento) é aproveitado para aquecer, por exemplo: piscinas, águas para banho, caldeiras para a lavagem de roupas, etc. Segundo a Federação Brasileira de Hospitais (FBH, 2018), o Brasil conta com 6.702 hospitais de médio e grande porte, onde essa tecnologia poderia ser explorada.

A Associação Brasileira de Shopping Centers informa que o país possui 563 unidades desse tipo de comércio (ABRASCE, 2019). Em relação às academias, embora não se tenha os dados de quantas possuem piscinas, no Brasil são mais de 36.500 unidades, segundo a Associação Brasileira de Academias (SEBRAE, 2018). O número de hotéis cadastrados no Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil (FOHB, 2019) é de 10.341 unidades. Diante desses números, mesmo sem considerar instalações comerciais diversas (clubes, escolas e grandes condomínios residenciais), é possível perceber um grande mercado em potencial para a aplicação da tecnologia de cogeração.

Todos esses consumidores somados, representam mais de 54.100 unidades com potencial para a implantação de cogeração. Se uma instalação típica de um cogerador de 15 kW for considerado como referência, é possível estimar que há um montante de geração da ordem de 800 MW para ser incluído no sistema elétrico brasileiro.

A utilização desta solução é relativamente simples, devido as reduzidas dimensões e potências dos equipamentos

envolvidos no projeto. Além disso, o retorno do investimento é considerado curto, quando comparado aos demais tipos de geração. Esse benefício é um dos grandes impulsionadores desse tipo de produção de energia.

No entanto, há algumas restrições para seu uso, como, por exemplo, a necessidade de uma rede de gás que alimente o sistema com quantidade e pressão adequadas. Os isolamentos térmico e acústico também são de grande importância para a implantação desses sistemas. As condições mínimas para a análise da implantação de um sistema de cogeração são:

- Consumo ou uso contínuo de água quente;
- Presença de rede de gás canalizado na unidade;
- Obter o valor do volume mínimo de consumo de gás para a mudança de classe de consumo junto à distribuidora;
- Espaço para implantação da cogeração;
- Análise das adequações necessárias da infraestrutura elétrica interna e da concessionária.

2.2 Estudo de caso

As informações do estudo de caso foram obtidas junto a empresa ECOU Sustentabilidade Urbana, sobre um projeto de implantação de um sistema de cogeração em um edifício residencial de alto padrão, com apenas 8 unidades residenciais e grande área comum. O perfil energético do condomínio e o perfil de consumo de energia elétrica estão resumidos na Fig. 2 a seguir. Observa-se que a demanda térmica é maior que a demanda por eletricidade. Essa necessidade é suprida por 3.000 m³ em média de gás e 20.500kWh de eletricidade.

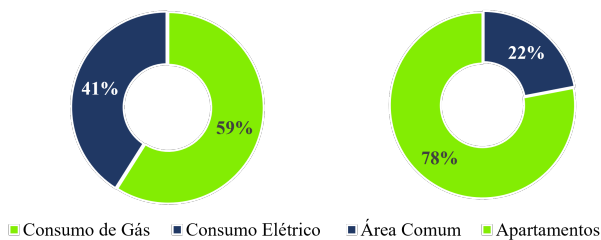


Fig. 2. Perfil energético do condomínio

Fonte: ECOU Sustentabilidade Urbana

O condomínio possui uma central de aquecimento de água, que sofreu a inclusão da cogeração, que abastece todos os apartamentos, as áreas comuns e garante o aquecimento da piscina. O sistema de aquecimento existente foi alterado, com a inclusão de um cogerador - *Combined Heating Power* (HP). Os aquecedores de passagem existentes não foram desativados, pois em uma situação de parada do CHP a instalação continuará com o serviço de água quente com a operação desses equipamentos.

O sistema de aquecimento e a sua distribuição pelas unidades consumidoras é apresentado na Fig. 3.

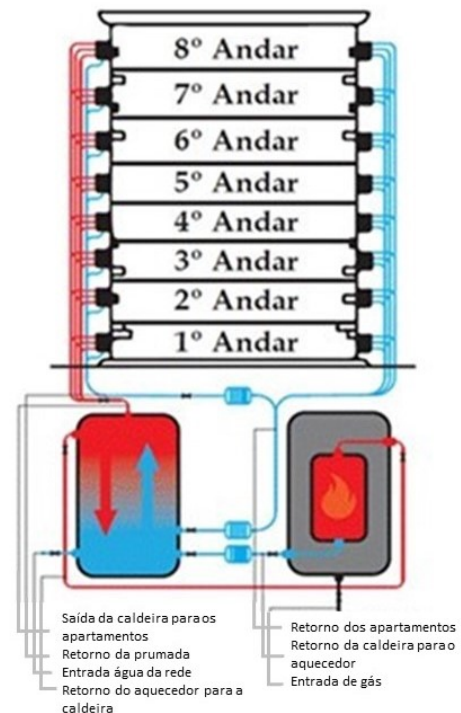


Fig.3. Sistema de aquecimento de água

Fonte : ECOU Sustentabilidade Urbana

No esquema proposto, a água aquecida pelo CHP passará pelos aquecedores que, no entanto, não trabalham para o aquecimento da água, pois ela já se encontra em temperatura adequada para armazenamento nos acumuladores. Dessa forma, os aquecedores ficam inativos, entrando em operação somente quando a água não estiver em uma temperatura pré-estabelecida. Na Fig. 4 é apresentado o novo circuito de aquecimento de água do condomínio.



Figura 4. Sistema de aquecimento de água com CHP

Fonte: ECOU Sustentabilidade Urbana

As Fig. 5 e Fig. 6 mostram os equipamentos utilizados na instalação. As dimensões são bem reduzidas e o aspecto é harmonioso, com apresentação visual de limpeza e

simplicidade. Todo o calor gerado é transferido para o sistema de aquecimento de água.



Fig. 5. Combinated Heating Power – CHP

Fonte: Autores



Fig. 6. Combinated Heating Power – CHP

Fonte: Autores

Este tipo de equipamento possui um alto rendimento, convertendo e utilizando grande parte da energia do insumo. A Tabela 2 apresenta o quadro de eficiência do CHP utilizado.

Tabela 2. Eficiência do CHP

Potência e Eficiência @ 60Hz			
Pot. Elétrica - kWe	20,0	Efic. Elétrica	30,3%
Pot. Térmica - kWt	43,4	Efic. Térmica	65,7%
Pot. Combustível - kW	66,0	Efic. Total	96,0%

Fonte : Amico Gas Power CO., LTD

O dimensionamento da máquina foi realizado objetivando atender o máximo possível da demanda térmica do

condomínio, fornecendo, em condições normais de operação, aproximadamente 90% do total. A Fig. 7 mostra o perfil de consumo de água quente do condomínio.

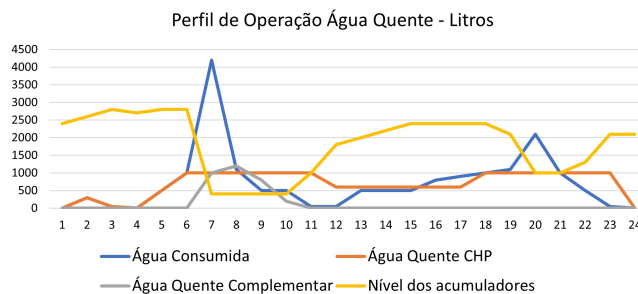


Fig. 7 – Consumo de água quente

Fonte: ECOU Sustentabilidade Urbana

Utilizando a curva de consumo típica para edifícios residenciais, é possível modelar o consumo bruto aproximado de energia elétrica do prédio ao longo do período de um dia. O sistema de micro cogeração é dimensionado para operar 24h por dia da forma mais eficiente possível. Para que isso ocorra, é necessário fazer o dimensionamento de modo que a demanda térmica seja a referência de operação, ou seja, o sistema não irá operar de acordo com a demanda elétrica do prédio, mas sim de acordo com a necessidade por água quente. Tal procedimento é mais vantajoso do ponto de vista financeiro e de sustentabilidade. O perfil da demanda elétrica da instalação é mostrado na Fig. 8.

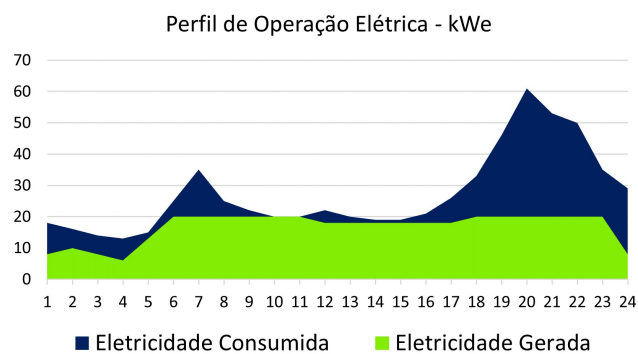


Fig. 8 - Perfil de demanda elétrica

Fonte : ECOU Sustentabilidade Urbana

Na Fig. 8 é possível perceber que a geração tem a operação em sua potência nominal de energia elétrica, grande parte do dia - cerca de 18 horas. Neste caso específico, considerando também a demanda das unidades consumidoras, é possível notar que não há exportação de energia para a rede, devido ao ciclo de utilização da carga térmica.

O estudo de viabilidade foi elaborado com os dados do investimento necessário para a implantação do sistema e o tempo de retorno dele (*payback*), considerando a redução dos custos obtidos. É importante observar que a produção de

energia do sistema de cogeração poderá exceder o consumo do edifício, unidades e áreas comuns. Como a instalação é participante do Programa de Compensação de Energia, o excedente de energia produzido pela cogeração pode e será dividido entre os condôminos, gerando uma redução de quase 50% na fatura de energia mensal. A Tabela 3, apresenta a comparação entre os custos mensais da instalação, antes e depois da implantação do sistema de cogeração.

Tabela 3 - Comparação de custos mensais

Custos Mensais	Antes CHP	Depois CHP
Eletricidade A.C.	R\$2.700,00	R\$0,00
Gás A.C.	R\$10.000,00	R\$7.500,00
Eletricidade U.C.	R\$1.300,00	R\$773,00
Manutenção	R\$0,00	R\$1.700,00
Total	R\$23.100,00	R\$15.380,00
A.C.: Área Comum; U.C.:Unidade Consumidora		

Fonte : ECOU Sustentabilidade Urbana

2.3 Resultados

O sistema de cogeração implantado foi projetado para fornecer a potência térmica de 43,4 kW e a potência elétrica de 20 kW. Os serviços da edificação, que demandavam energia térmica, foram atendidos adequadamente com a instalação da cogeração. Embora o consumo de gás tenha aumentado com o uso do cogerador, quando comparado com o volume utilizado nos aquecedores de passagem empregados inicialmente, a utilização do CHP permitiu a migração da classe de consumo do condomínio (tarifa de gás de comercial para industrial), tornando viável economicamente a solução adotada. A Fig. 9 apresenta o resumo financeiro anual da operação da cogeração em comparação com o antigo sistema de aquecimento.

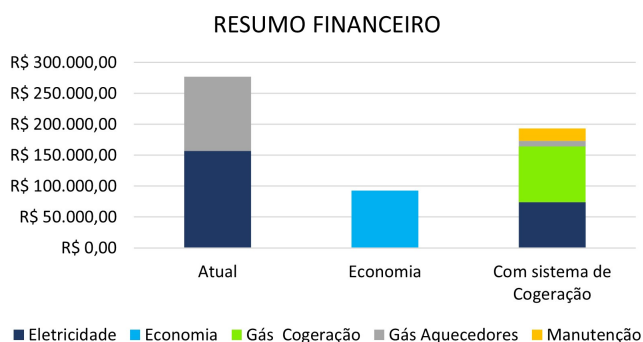


Fig.9 - Resumo financeiro anual

Fonte : ECOU Sustentabilidade Urbana

A implantação do sistema de cogeração em estudo necessitou do cliente o investimento total de aproximadamente R\$280.000,00 e o *payback* esperado, mantidas as condições atuais de comercialização de gás e as regras do Programa de Compensação de Energia da ANEEL, ocorrerá em 36 meses.

Em comparação com outras fontes renováveis de energia, elegíveis no Programa de Compensação de Energia, projetos de cogeração oferecem o retorno do investimento em menor prazo. Sistema solares fotovoltaicos tem em média o retorno do investimento em 72 meses e são diretamente influenciados pelo valor da tarifa de energia oferecida pela distribuidora local.

Para uma simples comparação com os sistemas solares fotovoltaicos convencionais, o investimento estimado de um sistema fotovoltaico de mesma potência, seria em torno de R\$103.200,00. Entretanto, o retorno do investimento é esperado a partir do oitavo ano.

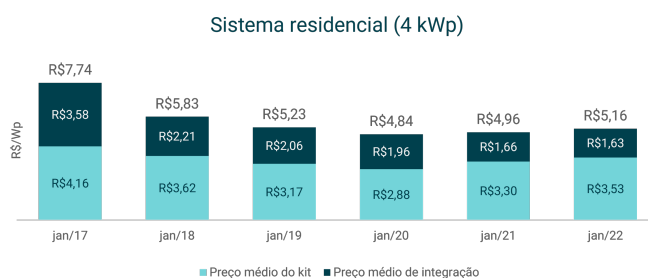


Figura 11 – Evolução dos custos de implantação de sistemas solares fotovoltaicos de energia

Fonte : Greener

3. CONCLUSÕES

Neste trabalho, observou-se que há um mercado, ainda pouco explorado, para uso da tecnologia de cogeração através do gás natural. A aplicação da micro e minicogeração por meio desse tipo de tecnologia se concentrará prioritariamente em centros urbanos. O uso dessa solução é bastante promissora, face a contínua redução dos custos dos sistemas de cogeração, a manutenção do preço do gás e a necessidade de otimizar despesas das instalações. Diferentemente da cogeração praticada atualmente, que está centralizada no setor industrial, as micro e minicogerações também pretendem atender os setores comercial, hospitalar e hoteleiro. Possivelmente, as distribuidoras vão adaptar seu sistema elétrico para receber uma quantidade sensível de acessantes utilizando esse tipo de tecnologia de geração. Inicialmente, a geração térmica deve ser dimensionada para satisfazer as necessidades da instalação, sendo que a potência da geração elétrica está vinculada à essa geração térmica. Diante do estudo de caso apresentado é possível destacar, além do resultado financeiro interessante para o investidor, comparado com gerações que utilizam outros tipos de fontes de energia sustentáveis, as seguintes conclusões:

- a) Vantagens do sistema de cogeração
 - Previsão assertiva da produção de energia;
 - Pequena área para implantação;
 - Bem aceita pelas distribuidoras pelo caráter contínuo de operação;

- Pequena obra civil para instalação dos equipamentos.
 - Não depende de condições climáticas.
 - Contribui para a redução da emissão de CO₂.
- b) Desvantagens do sistema de cogeração
- Necessita de área específica para instalação do equipamento;
 - Exige tratamento acústico, térmico e de emissão de gases;
 - Requer sistema de ventilação e exaustão de calor para resfriamento da máquina.
- FOHB. Hotelaria em Números – Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://fohb.com.br/pesquisas-estudos/>>
- GREENER. Estudo Estratégico de Geração Distribuída, Greener, 2022. Brasil. Disponível em:<<https://www.greener.com.br/sumario-executivo-estudo-de-geracao-distirbuida-2o-sem-2021>>
- SEBRAE. Fitness – Relatório de Inteligência. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2019. Brasil. Disponível em:<<https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/Relat%C3%B3rio%20SIS%20Fitness%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o.pdf>>

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Universidade Federal do ABC (UFABC) e pela Enel Distribuição São Paulo. Código de financiamento APLPEE-00390-1062/2017 – P&D -00390-1083/20202 UFABC.

REFERÊNCIAS

- ABRASCE. Números do setor. Associação Brasileira de Shopping Centers, 2019. Brasil. Disponível em: <<https://abrasce.com.br/numeros/setor/>>
- Amico (2019). Specifications on AMC20N6SC-AS Natural Gas Combined Heating & Power (CHP). Amico Gas Power Co. LTD. Chengdu, China
- ANEEL (2006). Resolução Normativa no 235/2006. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006. Brasília, Brasil.
- ANEEL (2012). Resolução Normativa no 482/2012. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Brasília, Brasil.
- ANEEL (2015). Resolução Normativa no 687/2015. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015. Brasília, Brasil.
- ANEEL (2017). Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, Brasil.
- ANEEL (2022a). Geração Distribuída – Resumo por tipo de geração. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022. Brasília, Brasil. Disponível em:<<https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/relacao-deempreendimentos-de-geracao-distribuida>>
- ANEEL (2022b). Geração Distribuída – Resumo por classe de consumo. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2022. Brasília, Brasil. Disponível em:<<https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/relacao-deempreendimentos-de-geracao-distribuida>>
- BOYCE, M.P. Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants, 2002. Texas, EUA.
- ECOU. Estudo de caso. ECOU Sustentabilidade Urbana, 2019. São Paulo, Brasil.
- FBH. Relatório Cenário dos hospitais no Brasil – 2018. Federação Brasileira de Hospitais, 2019. Brasil. Disponível em:<http://fbh.com.br/wp-content/uploads/2018/07/Relatorio-FBH-CNS_web.pdf>