NZED EM *CAMPI* UNIVERSITÁRIOS: AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO E POTENCIAL DE EFICIÊNCIA NO *CAMPUS* DARCY RIBEIRO – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

NZED IN UNIVERSITY CAMPUSES: ASSESSMENT OF ENERGY CONSUMPTION AND EFFICIENCY POTENTIAL AT DARCY RIBEIRO CAMPUS – UNIVERSITY OF BRASÍLIA (UNB)

Andiara Guerreiro Machado Campanhoni[1] Lucas Júnior Ferreira[2] Guilherme Oliveira Sales[3] Mario Emiliano Miskiewiez[4] Claudia Naves David Amorim[5] Joara Cronemberger[6]

[1]Mestre | andiara.campanhoni@gmail.com; [2]Arquiteto e Urbanista | junior.lucas@aluno.unb.br; [3]Arquiteto e Urbanista | guilherme.oliveira@aluno.unb.br; [4]Arquiteto e Urbanista | miskimario@gmail.com; [5]Doutora | clamorim@unb.br; [6]Doutora | joaracronemberger@unb.br - FAU/UnB | Brasília, Brasil

Resumo:
O crescimento da demanda energética e os impactos das mudanças climáticas exigem estratégias para aprimorar o desempenho energético de edificações e bairros. Os distritos de balanço energético nulo (NZED) otimizam recursos entre múltiplos edifícios, promovendo maior autonomia, resiliência e eficiência. Esta pesquisa analisa o consumo energético do Campus Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília (UnB), sob a ótica de um NZED, com o objetivo de identificar oportunidades de ganho de eficiência. A metodologia combina revisão bibliográfica com análise de dados de consumo por uso final, utilizando estimativas estatísticas e simulações computacionais. Os resultados indicam que os edifícios administrativos e de salas de aula respondem por 42% do consumo total, enquanto as edificações residenciais representam apenas 5% e a iluminação pública 13%. Com iluminação pública em LED, conclui-se que houve uma economia de 5% no consumo total. Estima-se que a adoção de estratégias passivas tais como materiais frios na cobertura e redução do fator solar de vidros nos edifícios administrativos e de salas de aulas pode reduzir em até 17,5% o consumo. Conclui-se que a transição do campus para um distrito de energia zero é viável, desde que haja intervenções voltadas à otimização do consumo e à integração de fontes renováveis.

Palavras-chave:
NZED; edifícios de balanço energético nulo; conforto ambiental; eficiência energética; campus universitário

Abstract:
The growing energy demand and the impacts of climate change require strategies to enhance the energy performance of both buildings and neighborhoods. Net Zero Energy Districts (NZED) optimize resources across multiple buildings, promoting greater autonomy, resilience, and efficiency. This research analyzes the energy consumption of the Darcy Ribeiro Campus at the University of Brasília (UnB) through the lens of an NZED, aiming to identify opportunities for efficiency gains. The methodology combines a literature review with an analysis of end-use energy consumption data, using statistical estimates and computational simulations. Results indicate that administrative and classroom buildings account for 42% of total energy consumption, while residential buildings represent only 5% and public lighting accounts for 13%. With LED public lighting, a 5% reduction in overall campus consumption was achieved. It is estimated that the adoption of passive strategies such as cool roofing materials and reducing the solar factor of glazing in administrative and classroom buildings could reduce total campus energy consumption by up to 17.5%. The study concludes that the transition of the campus into a net zero energy district is feasible, provided that interventions are implemented to optimize consumption and integrate renewable energy sources.

Keywords:
NZED; zero energy building; environmental comfort; energy efficiency; university campus

1. INTRODUÇÃO

O aumento da demanda energética, a escassez de combustíveis fósseis e os impactos das mudanças climáticas colocam a sustentabilidade em nível de bairro no centro das pesquisas atuais (Grazieschi, Asdrubali, Guattari, 2020). O setor de edificações responde por mais de um terço do consumo global de energia, com cerca de 37% das emissões relacionadas à energia em 2021 (UNEP, 2022). No Brasil, em 2023, esse setor representou quase metade do consumo de eletricidade, sendo o principal alvo para ganhos em eficiência energética (EPE, 2024a).

Apesar de avanços, o consumo segue em alta: no primeiro trimestre de 2024, houve aumento de 7,3% no uso de eletricidade, com destaque para o setor residencial (12,3%) (EPE, 2024b). O crescimento urbano, populacional e do uso de equipamentos intensifica essa tendência, exigindo novas formas de projetar e operar edificações. Nesse contexto, pesquisas buscam aprimorar o desempenho dos edifícios, com destaque para os de balanço energético nulo (*Zero Energy Buildings* – ZEB), que combinam estratégias passivas, sistemas ativos e geração local de energia renovável.

Entretanto, a abordagem ZEB desconsidera o potencial de cooperação entre edifícios. Para isso, propõe-se a transição para distritos de energia zero (*Zero Energy Districts* – ZED), que integram produção, armazenamento e compartilhamento energético, promovendo eficiência e redução de custos (Amaral *et al*., 2018; Brozovsky, Gustavsen, Gaitani, 2021; Grazieschi, Asdrubali, Guattari, 2020). Os ZEDs otimizam recursos em múltiplos edifícios, ampliando competitividade, resiliência e autonomia energética (Zaleski, Shanti, Ben, 2018).

Segundo Brozovsky, Gustavsen e Gaitani (2021), há uma diversidade terminológica sobre os ZEDs, com 35 expressões distintas em 144 artigos, havendo ambiguidade quanto à escala – entre "bairro", "distrito", "vizinhança", "bloco", entre outros. A abordagem ZED destaca a importância de se considerar agrupamentos intermediários entre edifício e cidade, como comunidades e campi, para maximizar os benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Em artigo elaborado por Amaral *et al*. (2018), foi realizada uma revisão crítica sobre os aspectos de desempenho de distritos de energia quase zero (NZED), explorando a aplicação do conceito de eficiência energética em uma escala urbana intermediária. Foi destacada a importância de fatores como morfologia urbana, clima e espaços públicos na determinação do consumo energético dos distritos, além de discutir métodos de cálculo e métricas para avaliar seu desempenho. A pesquisa enfatiza que a energia consumida nos distritos não deve ser avaliada apenas em edifícios isolados, mas sim considerando suas interações e impactos no ambiente urbano.

Os resultados indicam que a implementação do conceito de NZED pode trazer benefícios significativos, desde que sejam desenvolvidos métodos para mensurar com precisão o impacto dos elementos urbanos na eficiência energética. A pesquisa também discute a dificuldade em definir os limites espaciais dos distritos e a necessidade de incluir a energia consumida nos espaços públicos e na infraestrutura urbana na avaliação geral. Por fim, conclui que a escala distrital é um nível de planejamento adequado para abordar a eficiência energética de forma integrada, promovendo uma abordagem mais holística para o desenvolvimento sustentável das cidades.

Neste contexto, encontra-se em realização a pesquisa "*Zero Energy* Brasília: plano estratégico de eficiência energética para parque construído de balanço energético nulo" (LACAM, 2024), sobre o *campus* universitário Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília (UnB), em desenvolvimento na FAU/UnB. Como parte desse trabalho, Soares (2004) analisou o potencial de diferentes estratégias passivas e ativas para a redução do consumo energético das edificações do *campus*, considerando seu potencial como edifícios de balanço energético nulo (ZEB).

O presente artigo contribui para a pesquisa em curso, com a análise da demanda energética do *Campus* Darcy Ribeiro, avaliando o consumo das edificações e da iluminação pública do *campus* para compreender os impactos dos diferentes usos no consumo total e verificar o seu potencial como NZED, extrapolando a avaliação de economia do edifício para o conjunto urbano.

2. MÉTODO

2.1. REVISÃO DE LITERATURA

Para a elaboração do trabalho, foi realizada uma revisão de literatura com foco em estudos sobre distritos de balanço energético nulo ou quase nulo, também chamados *Nearly Zero Energy District* (NZED).

Inicialmente, foram selecionados artigos por meio de busca dos termos "ZED", "*Zero Energy District*", "*Net Zero Energy District*", "*Nearly Zero Energy District*", "*Campus*" e "*University*", com um recorte temporal entre 2019 e 2025, apresentados em inglês e português, utilizando a plataforma *Scopus* e *Web of Science.* Por meio desse recorte, foram levantados 34 artigos, considerando desde revisões de literatura sobre o tema, passando por abordagens de características específicas sobre NZED, até trabalhos com a análise de estudos de caso.

As abordagens identificadas nos estudos sobre ZED reforçam a importância de se analisar o desempenho de um conjunto de edificações, que pode ser aplicada para comunidades, campi e outros agrupamentos de edifícios, como escala urbana intermediária entre o edifício individual e a cidade, de forma a otimizar o desempenho energético do grupo, maximizando benefícios econômicos, ambientais e sociais.

2.2. OBJETO: SELEÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO *CAMPUS* DARCY RIBEIRO

Os *campi* universitários funcionam como verdadeiros laboratórios vivos, pois oferecem um vasto potencial de transformação voltado ao desenvolvimento sustentável (Soares, 2024). O *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, situado na região norte da capital, destaca-se tanto por sua relevância acadêmica quanto por sua influência no contexto urbano (UNB, 2025). O *campus* ocupa área de 3.950.579,07 m² e tem área construída de 552.171,40 m² (CEPLAN/UnB, 2025). Se comparada a outros municípios brasileiros, o *campus* seria maior do que 89% das cidades brasileiras (UnB, 2022).

2.3. CATEGORIZAÇÃO DOS USOS FINAIS DE ENERGIA NO *CAMPUS* DARCY RIBEIRO

O consumo energético do *Campus* Darcy Ribeiro é composto pela demanda dos edifícios e das atividades de uso público. Dentre as edificações, é possível diferenciar o consumo por tipo de uso, sendo classificados como (i) salas de aula e administrativo, (ii) residencial e (iii) outros usos como hospitais, laboratórios pesados, Centro de Processamento de Dados (CPD) e demais edificações que apresentam um consumo de energia elevado. Já para a área pública, os tipos de uso são (iv) iluminação pública e (v) infraestrutura.

O presente trabalho pretende levantar o consumo energético de parte dos usos mencionados e compreender sua contribuição no consumo total do *campus*. Os tipos de uso selecionados foram destacados para a pesquisa em função da disponibilidade de informações. Dessa forma, foram selecionados 45 edifícios do tipo salas de aula e administrativo (i) e 13 do tipo residencial (ii). Já para caracterizar o uso público, foi selecionada apenas a iluminação pública (iv), servida de 1.079 postes ao redor do *campus*. Não entraram no escopo desta pesquisa o tipo outros (iii), com 35 edifícios, assim como o uso infraestrutura (v).

Para identificar o consumo dos edifícios que compõem o *Campus* Darcy Ribeiro, partiu-se do levantamento realizado por Soares (2024), adotando como referência o relatório do Eixo 1 – Morfologia Arquitetônica (Silva, 2023), elaborado como parte do Plano Diretor do *campus*. Alguns edifícios foram agrupados em blocos, de acordo com sua vinculação a um conjunto ou faculdade, resultando em um total de 93 edificações. A partir disso, realizou-se a categorização quanto ao tipo de uso.

Ressalte-se que o *campus* possui apenas um medidor de consumo de energia na entrada da concessionária. Portanto, a análise do percentual de contribuição dos usos finais selecionados foi realizada com relação ao consumo médio anual do *campus*, levantado a partir das faturas de energia elétrica da Universidade disponibilizadas pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações

para os anos 2017, 2018 e 2019, revelando consumos anuais de 22,13 GWh, 21,18 GWh e 21,02 GWh, respectivamente. O recorte temporal não leva em conta os anos de 2020, 2021 e 2022 devido ao impacto da pandemia de COVID-19 nos padrões de uso e ocupação do *campus*, não os caracterizando como anos típicos.

2.3.1. EDIFICAÇÕES DE SALAS DE AULA E ADMINISTRATIVO

Foram examinadas 45 edificações com atividades administrativas, salas de aula, laboratórios simples e similares. Seguido a isso, realizou-se uma análise por agrupamento (clusterização), tendo como base os 45 edifícios classificados, partindo da premissa de homogeneidade no tipo de uso, da replicabilidade, da existência de monitoramento energético, da orientação solar do edifício, do fator de forma, do percentual de abertura nas fachadas (PAF) e da presença de proteção solar (Cortinhas, 2022; Barth, Vefago, Vasconcelos, 2017).

Portando, depois da análise de agrupamento, observa-se que o número ideal de *clusters* para amostra é de 3, pois adicionar mais a esse valor pode resultar em um ganho mínimo na diferenciação dos demais. Além disso, com 3 *clusters*, as distâncias dos erros quadráticos começam a se estabilizar, indicando que não há mais diferenças significativas em termos de variância (ESTAT, 2023).

De acordo com Soares (2024), a seleção das edificações a serem simuladas para identificar o consumo energético, representando seus respectivos *clusters*, foi realizada com base em uma amostra de confiança de 70% e margem de erro de 15%, o que resultou em 9 edifícios representativos, conforme apresenta a Tabela 1.

ID	Designação	*Cluster*
20	ICS – Instituto de Ciências Sociais	1
22	IPOL / IREL – Instituto de Ciências Políticas e Instituto de Relações Internacionais	1
29	PRC – Prefeitura do *Campus*	1
16	FE 1 – Faculdade de Educação	2
2	BSAS – Bloco de Sala de Aula Sul	2
26	PJC - Pavilhão João Calmon	2
32	SG 10 – Centro de Planejamento Oscar Niemeyer - CEPLAN	3
46	CRAD – Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas	3
8	CDS – Centro de Desenvolvimento Sustentável	3

Tabela 1: amostra com as 9 edificações selecionadas para simulação.
Fonte: adaptado de Soares (2024).

O objetivo dessas escolhas foi garantir que os edifícios simulados servissem como amostra representativa das diferentes tipologias no *campus*. Assumindo que os edifícios com características semelhantes, morfológicas e projetuais apresentarão padrões de impacto ambiental e consumo energético semelhantes.

Para o cálculo, considerou-se o consumo energético em kWh/m².ano dos edifícios. Para uniformizar os *clusters*, utilizou-se a média do consumo energético, tomando como base as simulações computacionais do projeto ZEB *Energy Brasília*: plano estratégico de eficiência energética para parque construído de balanço energético nulo (Amorim *et al*., 2020). O *Cluster* 1 apresentou um consumo energético de 47,17 kWh/m².ano, o *Cluster* 2, 46,06 kWh/m².ano e o *Cluster* 3, 52,69

kWh/m². ano. Para se obter o consumo anual por edifício, sua área construída foi multiplicada pelo consumo anual representativo do *cluster* ao qual o edifício faz parte, desconsiderando espaços não construídos como jardins e circulações abertas.

2.3.2. LEVANTAMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO USO RESIDENCIAL

O *Campus* Darcy Ribeiro dispõe de áreas destinadas à residência de estudantes, professores e servidores, divididos em diferentes tipologias, totalizando 13 edifícios residenciais. Os primeiros edifícios, blocos A, B, C e D, conjunto conhecido por “Colina Velha”, foram construídos junto à criação da Universidade (Schlee *et al*., 2014). Os edifícios contam com três pavimentos e pilotis, com apartamentos entre 84 m² e 144 m², sendo 18 unidades por bloco.

Na década de 80, a área foi expandida e hoje é composta por onze edificações, abrigando professores e servidores técnico-administrativos. Os blocos E, F, G, H, I e J formam a “Colina Nova”. Esse conjunto possui seis blocos com seis pavimentos e pilotis, dispondo de 36 a 42 unidades por bloco. Já o bloco K abriga estudantes de pós-graduação, sendo composto por 18 unidades distribuídas em três pavimentos.

Além da Colina, o *Campus* Darcy Ribeiro conta com a Casa do Estudante Universitário (CEU), para alunos da graduação. Trata-se de alojamento estudantil dividido em blocos A e B, tendo o conjunto um total de 92 apartamentos duplex divididos em 4 pavimentos (Schlee *et al*., 2014).

O levantamento da quantidade de unidades por bloco foi feito a partir da documentação arquitetônica disponibilizada pelo CEPLAN – Centro de Planejamento Oscar Niemeyer, juntamente com dados catalogados por Schlee *et al*. (2014). Para a estimativa de ocupação média por unidade adotou-se o índice de 3 pessoas por domicílio, de acordo com dados da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD, 2021). O consumo mensal de energia por pessoa foi adotado em 80 kWh/pessoa, adaptado do consumo médio mensal no Distrito Federal (CEB, 2016 *apud* Sudbrack, 2016).

2.3.3. LEVANTAMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

O levantamento da quantidade de luminárias foi feito pelo número de postes existentes no *campus* - 1.079 unidades, segundo a Diretoria de Manutenção da UnB, considerando a média de 2 lâmpadas por poste. O horário de funcionamento por dia adotado foi de 12 horas totais, entre 18h e 06h. O levantamento feito em postes do *campus* mostrou que aproximadamente 80% do total de luminárias é do modelo IP66 LED PHILIPS, com potência de 175W e 24.500 lumens. Já as luminárias restantes, que estão localizadas em vias principais do *campus*, são do modelo LED CITYLED, com potência de 135W.

Para o levantamento do consumo de energia referente à iluminação pública, foram simulados 2 cenários, já que no recorte temporal do consumo energético do *campus* adotado para a pesquisa, entre os anos de 2017 e 2019, as lâmpadas de LED que hoje iluminam a área pública ainda não haviam sido instaladas. Dessa forma, o primeiro cenário considerou lâmpadas de vapor metálico, com potência de 300 W e no segundo cenário foram consideradas lâmpadas LED.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da revisão de literatura e reflexão sobre os elementos que compõe um NZED, foi possível relacionar os condicionantes para o equilíbrio da demanda de energia, conforme ilustrado na Figura 1:

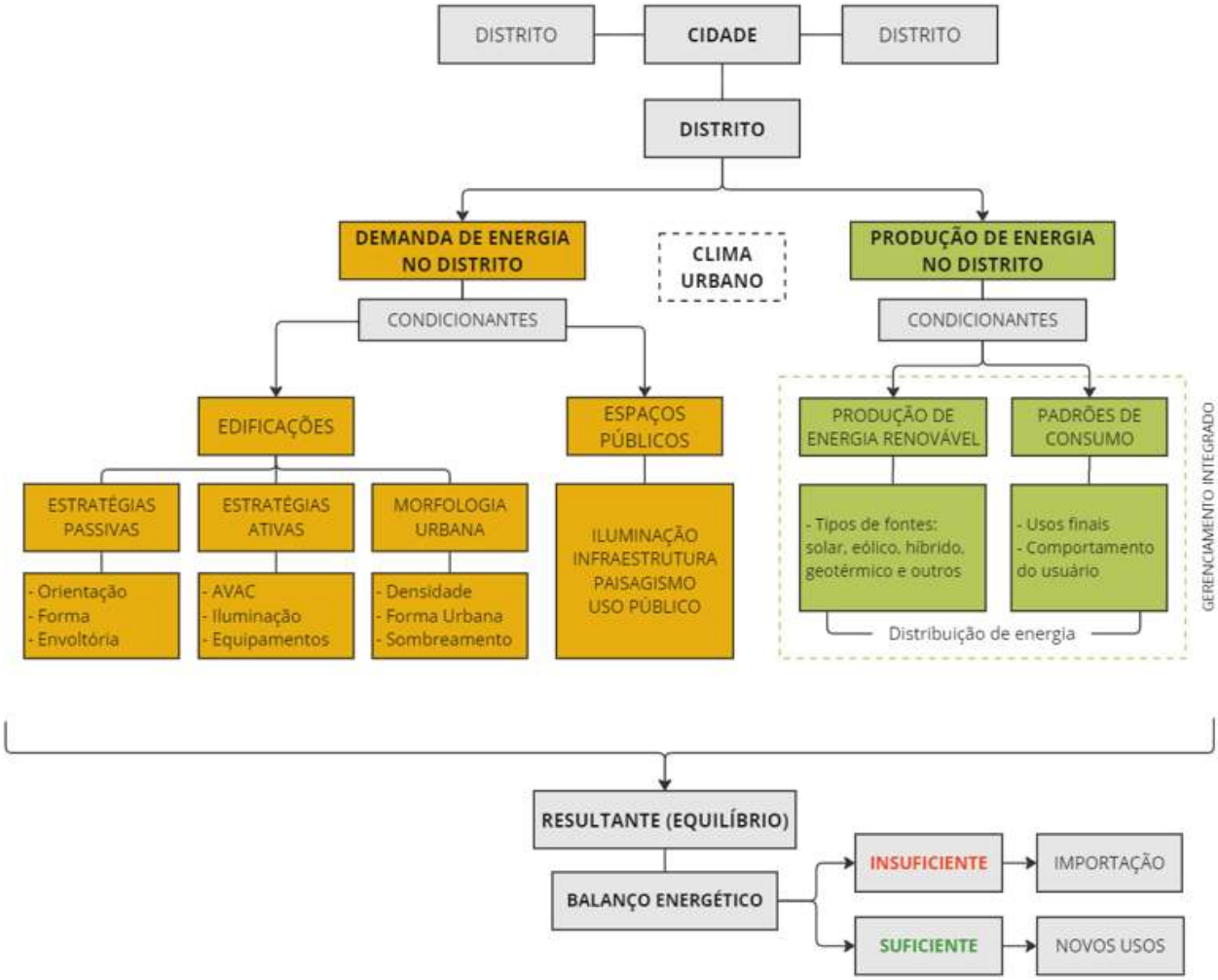

Figura 1: Fluxograma com os principais condicionantes para o balanço energético em NZED.
Fonte: os autores, adaptado de Amaral *et al*. (2018).

O fluxograma foi adaptado tendo em vista o contexto climático brasileiro, considerando o clima urbano como um condicionante transversal entre a demanda e a produção de energia no distrito. Além disso, foi adicionada a resultante para o equilíbrio do balanço energético, destacando a possibilidade de um resultado insuficiente, que levaria à necessidade de importação de energia, ou de um resultado suficiente, no qual seria possível realocar a energia excedente para outros usos.

Realizada a revisão de literatura, partiu-se para a análise do consumo energético dos diferentes usos selecionados, visando compreender sua contribuição no consumo de energia total do *campus* e avaliar possibilidade de redução do consumo.

Foram estimados o consumo energético dos edifícios com uso para salas de aula e administrativo, residencial e iluminação pública. Considerando a média de consumo anual do *campus* de 21,44 GWh/ano (anos de 2017 a 2019), foi possível atribuir um valor de consumo para os tipos de uso restantes, como infraestrutura, hospitais, CPD e laboratórios de uso pesado, pela diferença entre os valores calculados e o valor total de consumo.

A Tabela 2 apresenta a demanda energética por setor de atividades dentro do *campus*, resultante da análise e levantamento de cada categoria (2017 –2019).

Categoria	Consumo energético (GWh/ano)	%
Salas de Aula e Administrativos (45 edifícios)	8,987	42 %
Edifícios residenciais (13 edifícios)	1,108	5 %
Iluminação pública em vapor metálico (1.079 postes)	2,796	13 %
Outros (Infraestrutura, hospitais, CPDs e laboratórios pesados)	8,554	40 %
Consumo energético total do *campus*	**21,44**	**100 %**

Tabela 2: demanda energética por setor de atividades do *Campus* Darcy Ribeiro – UnB (2017 –2019).
Fonte: os autores (2025).

Para os 45 edifícios de salas de aula e administrativos, a demanda anual de energia representa 42% do consumo total do *campus*, com um valor de 8,99 GWh/ano. Os 13 edifícios residenciais presentes no *campus* somaram um consumo energético de 1,10 GWh/ano, representando 5% do consumo geral anual. As maiores contribuições advêm dos blocos que compõem a Colina Nova (Blocos E a J) e os Blocos A e B da CEU, pela quantidade de unidades presentes nesses edifícios. Já a iluminação pública representou 13% do consumo total, com um consumo de 2,77 GWh/ano, considerando as lâmpadas de vapor metálico.

A substituição da iluminação pública para lâmpadas de LED resultou em uma economia de 5% no consumo total do *campus*, considerando a conta de energia real disponibilizada pela Universidade. Essa economia representa uma diferença de cerca de 1,25 GWh/ano em comparação com a iluminação em vapor metálico, resultando em uma conta anual de 20,06 GWh/ano. A Figura 4, a seguir, apresenta as demandas energéticas por setor de atividades no *Campus* Darcy Ribeiro, em termos percentuais, considerando o Cenário 1 com iluminação em vapor metálico e o Cenário 2 com iluminação em LED.

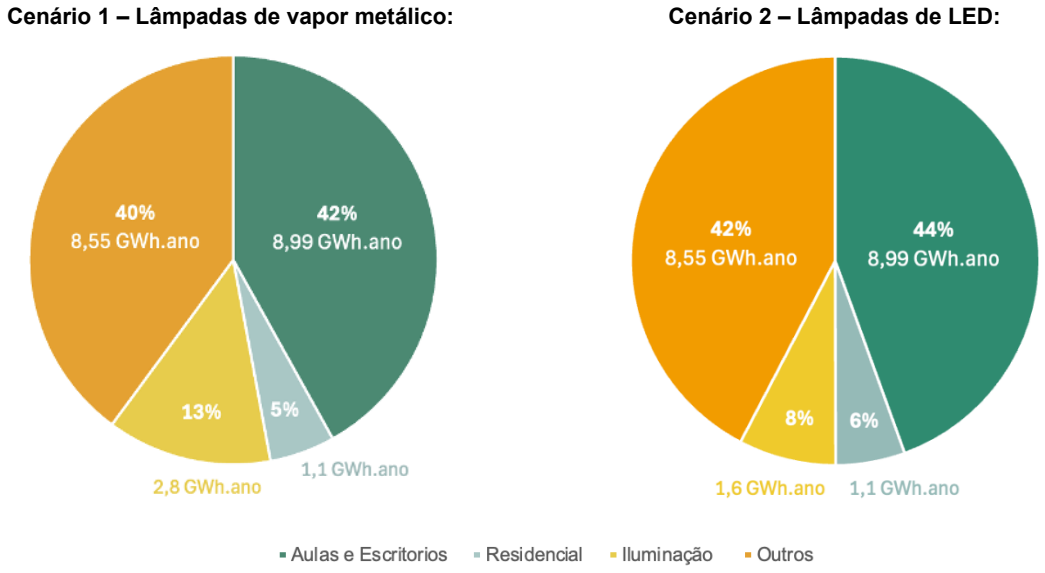

Figura 2: Demanda energética por setor de atividades do *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, comparando a economia devido a troca das lâmpadas para iluminação pública (Vapor metálico, esq.; LED (dir.).
Fonte: os autores (2025).

A análise dos resultados para os Cenários 1 e 2 indicou que a substituição da iluminação pública por lâmpadas de LED representou um impacto significativo na redução do consumo energético total do *Campus* Darcy Ribeiro.

Adicionalmente, um terceiro cenário foi analisado, considerando o trabalho realizado pelo grupo de pesquisa do projeto "*Zero Energy* Brasília: plano estratégico de eficiência energética para parque construído de balanço energético nulo" (LACAM, 2024). Por meio da pesquisa de Soares (2024) foi avaliado o impacto da implementação de medidas de eficiência energética, principalmente por meio de estratégias passivas, nos edifícios de sala de aula e administrativos – grupo (i) desta pesquisa, que demonstrou o potencial de redução significativa no consumo geral do *campus*.

As estratégias selecionadas para a otimização dos edifícios foram: dispositivos de sombreamento; redução do fator solar dos vidros; materiais frios na cobertura; e sistema de controle automatizado da iluminação. Por meio de simulações computadorizadas foi possível avaliar a redução da demanda energética e a melhoria da qualidade ambiental, abrangendo tanto o conforto térmico quanto a qualidade da iluminação natural. (Soares, 2024).

Para o levantamento da média de redução do consumo energético dos 45 edifícios em casos otimizados, utilizaram-se padrões representativos de cada *cluster*, a partir dos dados simulados no trabalho supracitado.

Para o *Cluster* 1, o edifício referencial foi o Instituto de Ciências Políticas e Instituto de Relações Internacionais (IPOL/IREL), representando uma economia de 24% pós-otimização. O *Cluster* 2 foi representado pelos edifícios de Bloco de Salas de Aula Norte (BSAN), Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT) e Pavilhão João Calmon (PJC), com média de economia de 15,6 %. Já o *Cluster* 3 obteve uma média de 31%, a partir das otimizações do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) e Centro de Planejamento Oscar Niemeyer - CEPLAN (SG 10).

A Figura 3 apresenta a demanda energética do *campus* considerando a otimização dos 45 edifícios clusterizados, economizando 17,48% com relação ao Cenário 1 - com lâmpadas em vapor metálico e 12,30% em comparação ao Cenário 2 – com lâmpadas em LED (Figura 2).

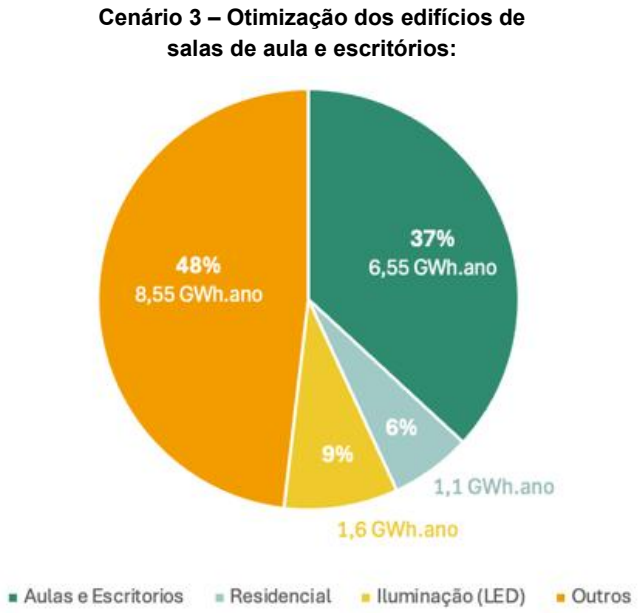

Figura 2 - Demanda energética por setor de atividades do *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília, considerando a otimização dos edifícios de Salas de Aula e Escritórios.
Fonte: os autores (2025).

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicaram que a transição do *Campus* Darcy Ribeiro para um distrito de balanço energético nulo ou quase nulo (NZED) é uma meta viável, desde que sejam implementadas estratégias eficazes de redução do consumo energético e, posteriormente, geração distribuída de energia.

A categorização dos usos finais e a aplicação da clusterização forneceram uma base sólida para intervenções direcionadas. A utilização dos dados reais coletados durante a pesquisa permitiu um diagnóstico da situação atual e possibilitou projeções de cenários otimizados para o *campus*.

O estudo reforçou a importância da abordagem distrital na busca por eficiência energética, destacando o potencial dos *campi* universitários como pequenas cidades para criação de soluções inovadoras, além disso, forneceu subsídios para futuras iniciativas voltadas à sustentabilidade em ambientes acadêmicos.

A pesquisa teve como foco principal o consumo energético de edifícios de salas de aula e escritórios, de edifícios residenciais e da iluminação pública. Para trabalhos futuros, sugere-se o estudo das demais categorias, composta por laboratórios pesados, hospitais, Centros de Processamento de Dados (CPD) e infraestrutura, já que os resultados demonstram a grande contribuição dessa parcela para o consumo geral do *campus.*

Ainda, para pesquisas complementares, sugere-se a avaliação sobre a produção de energia renovável no *campus*, em especial por meio de energia solar – devido à abundante disponibilidade do recurso, visando promover o equilíbrio para o balanço energético do *Campus* Darcy Ribeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Ana Rita; RODRIGUES, Eugénio; GASPAR, Adélio Rodrigues; GOMES, Álvaro. **Review on PERFORMANCE aspects of nearly zero-energy districts**. *Sustainable Cities and Society*, v. 43, p. 406-420, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.039. Acesso em: 07 fev. 2025.

AMORIM, Cláudia Naves David; BEZERRA, Maria do Carmo Lima; SILVA, Caio Frederico; CRONEMBERGER, Joara; BAUCHSPIESS, Adolfo; VELASCO, Loana; BIAS, Edilson. **ZEB - Zero Energy Brasília: Plano estratégico de eficiência energética para parque construído de balanço energético nulo.** Área temática: energia. Projeto de pesquisa científica e tecnológica. Brasília, 2020.

BARTH, F.; VEFAGO, L. H. M.; VASCONCELOS, C. **Compacidade dos espaços arquitetônicos**. Mix Sustentável, UFSC, ed. 05, v.3, n. 1, 2017.

BROZOVSKY, Johannes. GUSTAVSEN, Arild. GAITANI, Niki. **Zero emission neighbourhoods and positive energy districts – A state-of-the-art review**. *Sustainable Cities and Society*, v. 72, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103013. Acesso em: 07 fev. 2025.

CODEPLAN – COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. *PDAD* 2021 – **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílio**, Distrito Federal, 2021.

CORTINHAS, J. M. L. **Design Cons/efi/ciente: o impacto do fator de forma no consume energético dos edifícios.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade do Porto, Portugal, 2022.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas da Eficiência Energética no Brasil. 2024.** Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-857/Atlas%20da%20Eficiência%20Energética%20Brasil%202024.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 13 fev. 2025.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Boletim Trimestral de Consumo de Eletricidade da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).** Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-483/topico-717/Boletim%20Trimestral%20de%20Consumo%20de%20Eletricidade%20ANO%20V%20-%20Nº17.pdf. Acesso em: 14 fev. 2025.

ESTAT - Empresa Júnior de Estatística. **Cálculo amostral para um estudo de caso.** Brasília, 2023.

GRAZIESCHI, Gianluca. ASDRUBALI, Francesco. GUATTARI, Claudia. **Neighbourhood sustainability: State of the art, critical review and space-temporal analysis.** *Sustainable Cities and Society*, v. 63, p. 102-477, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102477. Acesso em: 06 fev. 2025.

LACAM, Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética. **ZEB – Zero Energy Brasília: plano estratégico de eficiência energética para parque construído de balanço energético nulo. Universidade de Brasília.** Brasília, 2024.

SCHLEE, Andrey Rosenthal…[*et al*.]. **Registro Arquitetônico da Universidade de Brasília**. Brasília: Editora UnB, 2014, 152 p.

SILVA, Caio (org.) *et al*. **Relatório de Atividades do Eixo 1: morfologia arquitetônica.** Brasília: Universidade de Brasília, 2023.

SOARES, Marco Túlio Bones. **Balanço energético nulo em edifícios universitários:** o caso do *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. 2024. 135 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2024.

SUDBRACK, Larissa. **Casa Zero: Diretrizes de projeto para habitação pré fabricada de balanço energético nulo em Brasilia.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2016.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Global Status Report for Buildings and Construction**: Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi, 2022. Disponível em: 2022 Global Status Report for Buildings and Construction | UNEP - UN Environment Programme. Acesso em 07 fev. 2025.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. ***Campus* Universitário Darcy Ribeiro**. Brasília: CEPLAN/UnB, 2025. Disponível em: https://ceplan.unb.br/campus-universitario-darcy-ribeiro/. Acesso em: 22 fev. 2025.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB). ***A UnB***. Disponível em: https://www.unb.br/institucional/a-unb. Acesso em: 17 fev. 2025.

ZALESKI, Sarah, SHANTI, Pless, BEN, Polly. **Communities of the Future:** Accelerating Zero Energy District Master Planning: Preprint. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. 2018. NREL/CP-5500-71841. Disponível em: https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/71841.pdf. Acesso em; 13 fev. 2025.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio que viabilizou parte desta pesquisa.