

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA RESIDÊNCIA UNIVERSITÁRIA NO SEMIÁRIDO

Thalia Ariadna Alves Fernadnes¹

Leonete Cristina de Araujo Ferreira Medeiros Silva²

RESUMO:

O projeto e a construção de edificações dotadas de eficiência energética são prerrogativas das normas técnicas brasileiras, em especial em áreas de clima semiárido, nas quais as condições ambientais trazem desafios extras ao desempenho térmico e ao conforto dos usuários. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a classificação de uma residência universitária pública no semiárido potiguar, segundo o método simplificado da INI-R (Portaria Inmetro nº 309/2022), no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). A metodologia compreendeu as seguintes etapas: levantamento da documentação técnica do prédio, a realização de visita *in loco* para identificação das características construtivas e sistemas instalados, a modelagem digital no *software Autodesk Revit* e a aplicação dos parâmetros normativos para a classificação de eficiência energética. A edificação obteve Classe C na avaliação global. O desempenho da envoltória foi limitado por T_{max} acima do limiar tolerado para a zona bioclimática adotada e por redução insuficiente da carga térmica total face ao modelo de referência. Concluiu-se que o trabalho oferece subsídios técnicos para a implementação de ações de *retrofit* e para o planejamento de edificações mais eficientes no âmbito institucional, contribuindo para a redução do consumo de energia e para a promoção da sustentabilidade em universidades públicas.

Palavras-chave: desempenho térmico da envoltória; PBE Edifica; etiquetagem de edificações; semiárido; edificações universitárias.

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética tem se tornado uma pauta relevante em diversos setores, principalmente por efeito do crescente consumo de energia elétrica no Brasil e no mundo. De acordo com dados apresentados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) o consumo no Brasil atingiu uma média de 72.416 MW no primeiro trimestre de 2024, o que representa um aumento de 5% no consumo de energia elétrica comparado ao mesmo período do ano anterior. Esse crescimento deve-se, principalmente, às altas temperaturas registradas em diferentes regiões do país, bem como Neste sentido, a análise energética o aumento de atividades em setores como serviços, comércio e indústrias (CCEE, 2024).

No Brasil, o setor residencial é responsável por uma parcela significativa no consumo de energia elétrica, representando 10,8% do consumo total no ano de 2024. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2025), esse departamento apresentou um crescimento de 3% em relação ao ano de 2023, com a eletricidade sendo a principal fonte utilizada, principalmente para iluminação, climatização e o uso de eletrodomésticos.

Esse cenário evidencia a importância de avaliar como as edificações residenciais utilizam a energia de forma eficiente e de propor melhorias para redução do consumo e uso

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

racional dos recursos energéticos disponíveis, especialmente em contextos como o semiárido brasileiro, onde as condições climáticas adversas e a alta incidência solar ao longo do ano exigem soluções construtivas adequadas e sistemas de condicionamento eficientes.

Nesse contexto, a análise energética da residência universitária, objeto deste estudo, busca contribuir para a compreensão de como o ambiente construído pode se alinhar às metas de racionalização do consumo e sustentabilidade energética. A edificação apresenta um papel relevante, considerando seu caráter representativo institucional dentre as edificações do setor público.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2011), as edificações públicas devem adotar práticas de gestão energética como forma de promover o uso racional da energia elétrica e alcançar economias significativas nos gastos com utilidades. Além disso, como destaca Peixoto, Moraes Filho e Moraes (2019), instituições públicas de ensino superior possuem o papel estratégico na promoção da sustentabilidade, não apenas por sua visibilidade social, mas também pela possibilidade de influenciar políticas públicas e práticas exemplares no uso eficiente da energia.

A avaliação do desempenho energético dessas construções contribui não apenas para a melhoria do conforto dos usuários, mas também para o desenvolvimento de projetos mais conscientes e alinhados com as diretrizes normativas, como a NBR 15575 (ABNT, 2024) que trata sobre o desempenho das edificações habitacionais e a NBR 15220 (ABNT, 2024) que aborda aspectos relacionados ao desempenho térmico, além de iniciativas como o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) conduzido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o qual visa classificar as edificações segundo critérios de desempenho térmico e consumo de energia.

O PBE Edifica é regulamentado pela Instrução Normativa do Inmetro consolidada pela portaria nº309, de 29 de setembro de 2022 que também institui a Instrução Normativa para Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) e a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Nesse contexto, este estudo se fundamenta nos parâmetros e diretrizes estabelecidos pelo PROCEL e pela INI-R consolidada para estruturar sua metodologia de avaliação e classificação energética (INMETRO, 2022).

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

Nesta seção, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para a avaliação da eficiência energética em edificações residenciais coletivas, tendo como objeto de estudo a residência universitária do Campus da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), que fica localizada no município de Caraúbas no estado do Rio Grande do Norte. Trata-se de uma construção que possui dois pavimentos dividido em 4 alas (A, B, C e D), contendo dormitórios, banheiros, cozinha, refeitório, depósitos, salas de estudo e recreação, área de serviço e varanda. A abordagem segue as diretrizes estabelecidas pela Portaria Inmetro nº 309/2022, que institui as Instruções Normativas INI-R e INI-C para a classificação da eficiência energética de edificações no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE Edifica (INMETRO, 2022).

O estudo adota uma abordagem quantitativa, baseando-se na aplicação do método simplificado recomendado pela INI-R, direcionado para edificações residenciais. Essa escolha justifica-se pela aderência aos requisitos nacionais e adequação ao tipo de edificação analisada, conforme previsto na regulamentação vigente. Garantindo assim a confiabilidade e a comparabilidade dos resultados conduzindo-se em instrumentos de referência nacional para a classificação de eficiência energética das edificações.

Para desenvolver o trabalho foram consideradas as seguintes etapas metodológicas:

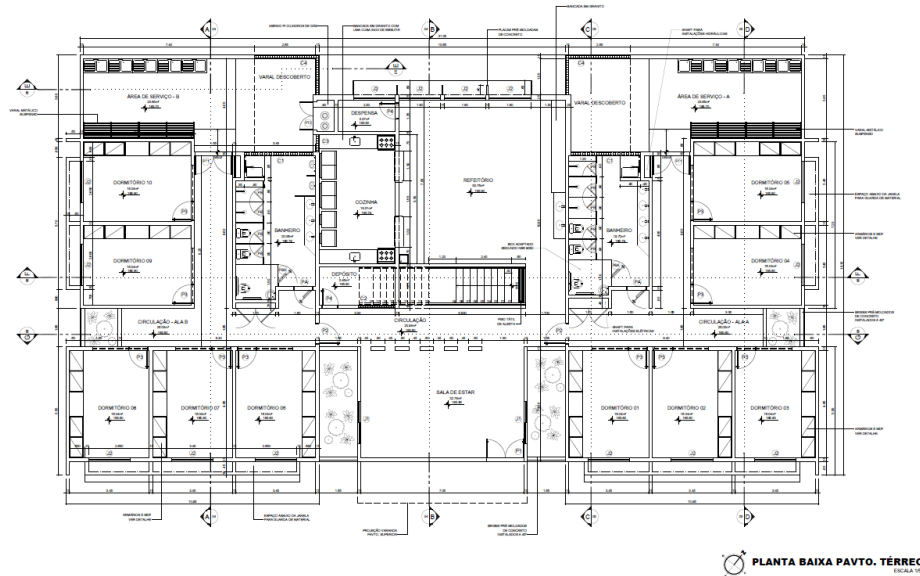
- Levantamento de documentação técnica;
- Visita *in loco* para validação das documentações e análise dos dados construtivos;
- Modelagem no Revit da edificação de acordo com o que está construído;
- Implementação dos parâmetros técnicos definidos pela INI-R;
- Consolidação dos resultados visando a emissão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

O levantamento inicial consistiu na análise da planta arquitetônica da residência universitária (Figuras 1 e 2), disponibilizada pelo setor de infraestrutura da instituição (SIN). Esse documento serviu como base para compreender a organização espacial da edificação, seus pavimentos, dimensões gerais, e a localidade de elementos como, paredes, janelas, portas e cobertura.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

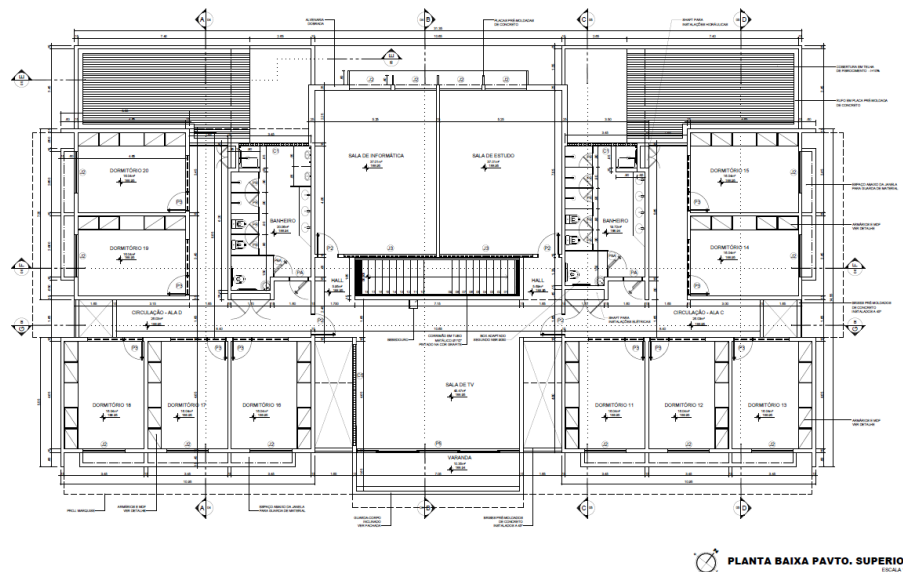
²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Figura 1 – Planta Baixa do Pavimento Térreo



Fonte: Arquivo disponibilizado pela SIN.

Figura 2 – Planta Baixa do Pavimento Superior



Fonte: Arquivo disponibilizado pela SIN.

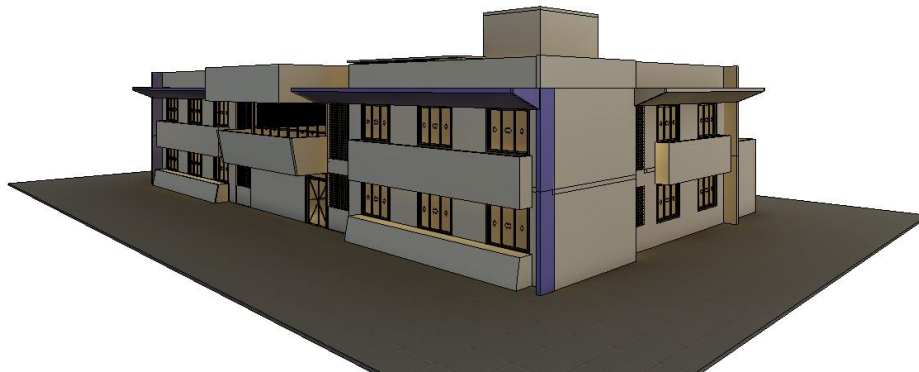
Posteriormente, realizou-se uma visita técnica para verificar a conformidade entre o projeto original e a edificação executada. Nessa vistoria, foi feito o levantamento dos elementos construtivos e geométricos reais. Uma vez que o projeto arquitetônico tinha sido elaborado de forma padronizada para a Universidade e originalmente para uma localidade distinta da qual a residência foi construída. A inspeção *in loco* possibilitou observar o estado físico da construção e coletar dados de materiais utilizados, sistema de cobertura, sistema de condicionamento e iluminação. Esses dados foram fundamentais para garantir fidedignidade na modelagem digital.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

A modelagem foi realizada no *software Autodesk Revit* (representada em perspectiva na figura 3), com base nas informações obtidas. A modelagem focou na envoltória da edificação, incluindo paredes externas, coberturas, aberturas (portas e janelas), pisos e elementos de sombreamento, uma vez que seus componentes influenciam diretamente nos parâmetros de avaliação do desempenho térmico conforme estabelecido pela INI-R.

Figura 3 – Modelagem da edificação em perspectiva



Fonte: Autoria própria, 2025.

Com base na modelagem e os dados obtidos na visita técnica (Anexo I), foi realizada a aplicação do método simplificado da INI-R. Este método consiste em classificar o nível de eficiência energética baseado em três sistemas: envoltória, sistema de aquecimento de água e sistema de condicionamento. Para fins da análise foram considerados as seguintes etapas sugeridas pela norma:

- Classificação da Envoltória;
- Classificação das áreas de Uso comum
- Classificação geral

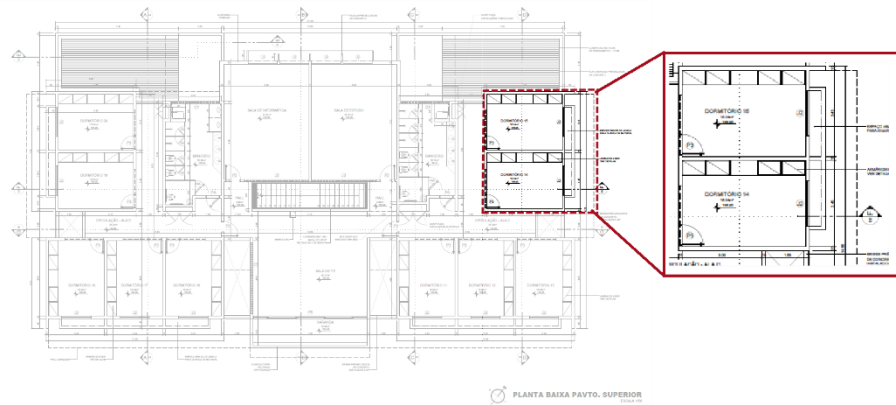
2.1. Classificação da Envoltória

A etapa de classificação do sistema de aquecimento de água não foi considerada nesta análise, visto que a edificação não dispõe de tal sistema. Para resolução definiu-se uma unidade habitacional (UH) de dois quartos que estão posicionados no pavimento superior da edificação, na ala C como mostra a Figura 4. Os dormitórios 14 e 15, classificados como Áreas de Permanência Prolongada (APP), possuem área útil individual de 16,04 m² e pé-direito de 3,00 m.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Figura 4 – Unidade Habitacional



Fonte: Autoria própria, 2025.

A partir da seleção da área de análise, foram retirados os parâmetros de entrada no Metamodelo previsto para aplicação do Método Simplificado do INI-R. Optou-se pelo método simplificado devido à sua adequação para diagnósticos energéticos em fases iniciais de análise ou em estudos com escopo delimitado, como o presente trabalho de conclusão de curso, sendo menos intensivo em dados quando comparado ao método de simulação. O Metamodelo pode ser aplicado por meio de uma interface web, desenvolvida pelo PBE Edifica (<https://pbeedifica.com.br/interface-ini-r/>) e, a partir dele, são obtidas as informações referentes ao $PHFT$, T_{omax} , T_{omin} , C_{gTR} , C_{gTA} , e C_{gTT} . Além disso, como resultados são fornecidos os valores do modelo real e do modelo de referência, efetuando-se a classificação de cada parâmetro e a classificação total da edificação.

Os parâmetros acima mencionados são:

$PHFT$	percentual de horas de ocupação da UH dentro de uma faixa de temperatura operativa (%)
T_{omax}	Temperatura operativa anual máxima (°C)
T_{omin}	Temperatura operativa anual mínima (°C)
C_{gTR}	Carga térmica de resfriamento (kWh/ano)
C_{gTA}	Carga térmica de aquecimento (kWh/ano)
C_{gTT}	Carga térmica de total (kWh/ano)

A classificação quanto percentual de horas de ocupação da UH dentro de uma faixa de temperatura operativa (1) é dada pela Equação 1, observando a escala apresentada no Quadro 1.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref} \quad (1)$$

Dados:

$\Delta PHFT$	incremento do $PHFT_{UH,real}$ em relação ao $PHFT_{UH,ref}$
$PHFT_{UH,real}$	percentual de horas de ocupação da UH no modelo real dentro de uma faixa de temperatura operativa (%)
$PHFT_{UH,ref}$	percentual de horas de ocupação da UH no modelo de referência dentro de uma faixa de temperatura operativa (%)

Quadro 1 - Critério de classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PFFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PFFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} \geq 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

Na zona climática em estudo não há necessidade de analisar a Temperatura operativa mínima. Já para todas as zonas bioclimáticas, a temperatura operativa anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual à obtida para o modelo de referência, após somado um valor de tolerância (ΔT_{omax}), conforme Equação 2. O valor de ΔT_{omax} , é igual a 2 °C para UHs unifamiliares e para UHs em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura.

$$T_{omaxUH,real} \leq T_{omaxUF,ref} - T_{omax} \quad (2)$$

Dados:

$T_{omaxUH,real}$	temperatura operativa anual máxima da UH no modelo real (°C)
$T_{omaxUF,ref}$	temperatura operativa anual máxima da UH no modelo de referência (°C)
T_{omax}	valor de tolerância da temperatura operativa anual máxima (°C).

Para análise da carga térmica total da UH ($CgTT_{UD}$), o representa o percentual mínimo de redução da em relação à , calculado conforme a Equação 3. A classificação é dada conforme o Quadro 23.

$$RedCgTT \leq ((CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real}) / CgTT_{UH,ref}) \cdot 100 \quad (3)$$

Dados:

$RedCgTT$	redução da carga térmica total da UH no modelo real em relação ao modelo de referência (%)
$CgTT_{UH,real}$	carga térmica total da UH no modelo real (kWh/ano)
$CgTT_{UH,ref}$	carga térmica total da UH no modelo de referência (kWh/ano)

Quadro 2 - Critério de classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $CgTT_{UH}$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
----------	----------	----------	----------

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$	$RedCgTT \geq 0\%$	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$
-------------------------------	-------------------------------	--------------------	-------------------------------

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

2.2. Aplicação da INI-R nas áreas de uso comum

O método prevê a avaliação de cinco sistemas individuais, sendo eles: sistema de iluminação, bombas e/ou motobombas, elevadores, sistema de condicionamento de ar e sistema de aquecimento de água. Devido à inexistência dos demais sistemas, a avaliação restringiu-se aos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar. Esse último, existente apenas na sala de informática e na sala de estudo. Além disso, deve ser considerado o consumo de outros equipamentos elétricos presentes nessas áreas (micro-ondas, geladeira, bebedouros e máquinas de lavar roupa). Determina-se a classificação da eficiência energética nas áreas de uso comum levando em consideração o percentual de redução do consumo estimado da energia primária ($RedC_{EP,AUC}$) das áreas de uso comum na condição real quando comparadas às condições de referência, conforme apresentado na Equação 1, cujos parâmetros são calculados pelas Equações 2.

$$RedC_{EP,AUC} = \frac{C_{EP,AUC,ref} - C_{EP,AUC,real}}{C_{EP,AUC,ref}} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

$RedC_{EP,AUC}$ Percentual de redução do consumo de energia primária das áreas de uso comum

$C_{EP,AUC,ref}$ Consumo anual de energia primária das áreas comuns na condição de referência (kWh/ano)

$C_{EP,AUC,real}$ Consumo anual de energia primária das áreas comuns na condição de real (kWh/ano)

$$C_{EP,AUC,real} = (C_{EE,AUC,real} \cdot f_{cE}) + (C_{ET,AUC,real} \cdot f_{cT}) - (G_{EE,AUC} \cdot f_{cE}) \quad (2)$$

Onde:

$C_{EE,AUC,real}$ Consumo total de energia elétrica das áreas de uso comum na condição real

f_{cE} Fator de conversão de energia elétrica em energia primária, $f_{cE} = 1,6$

$C_{ET,AUC,real}$ Consumo total de energia térmica das áreas de uso comum na condição real, ver Equação (5)

f_{cT} Fator de conversão de energia térmica em energia primária

$G_{EE,AUC}$ Energia gerada por fontes locais de energia renovável para as áreas de uso comum

$$C_{EE,AUC,real} = C_{IL,real} + C_{B,real} + C_{ELEV,real} + C_{AC,real} + C_{AAE,AUC,real} + C_{EQ,AUC} \quad (3)$$

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Onde:

$C_{EE,AUC,real}$	consumo total de energia elétrica das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano)
$C_{IL,real}$	consumo de iluminação das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano)
$C_{B,real}$	consumo das bombas elétricas das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano)
$C_{ELEV,real}$	consumo de energia elétrica dos elevadores na condição real (kWh/ano)
$C_{AC,real}$	consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano)
$C_{AAE,AUC,real}$	consumo do sistema de aquecimento de água em energia elétrica das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano);
$C_{EQ,AUC}$	consumo médio estimado de energia elétrica dos equipamentos das áreas de uso comum (kWh/ano), calculado por meio da Equação 4

$$C_{EQ,AUC} = \frac{P_i \cdot h \cdot N_{ano}}{100} \quad (4)$$

Onde:

$C_{EQ,AUC}$	consumo médio estimado de energia elétrica dos equipamentos das áreas de uso comum (kWh/ano)
P_i	potência instalada dos equipamentos (W)
h	horas de uso diárias da área de uso comum, obtidas na Tabela G.1 do Anexo G (IMETRO, 2022)
N_{ano}	número de dias de ocupação ao ano, obtidos Tabela G.1 do Anexo G (IMETRO, 2022)

$$C_{ET,AUC,real} = C_{AAT,AUC,real} \quad (5)$$

Onde:

$C_{ET,AUC,real}$	consumo total de energia térmica das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano)
$C_{AAT,AUC,real}$	consumo do sistema de aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica das áreas de uso comum na condição real (kWh/ano)

Na condição de referência, ao consumo de energia primária é calculado conforme a Equação 6. Após todos os dados obtidos, considerando que não há elevador na edificação, a classificação será feita conforme o Quadro 03.

$$C_{EP,AUC,ref} = C_{EE,AUC,ref} \cdot f_{cE} \quad (6)$$

Onde:

$C_{EP,AUC,ref}$	consumo anual de energia primária das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano)
$C_{EE,AUC,ref}$	consumo total de energia elétrica das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano), calculado conforme a Equação (7)
f_{cE}	fator de conversão de energia elétrica em energia primária

$$C_{EE,AUC,ref} = C_{IL,ref} + C_{B,ref} + C_{ELEV,ref} + C_{AC,ref} + C_{AAE,AUC,ref} + C_{EQ,AUC} \quad (7)$$

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Onde:

$C_{EE,AUC,ref}$	consumo total de energia elétrica das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano)
$C_{IL,ref}$	consumo de iluminação das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano)
$C_{B,ref}$	consumo das bombas elétricas das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano)
$C_{ELEV,ref}$	consumo de energia elétrica dos elevadores na condição de referência (kWh/ano)
$C_{AC,ref}$	consumo de refrigeração do sistema de condicionamento de ar das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano)
$C_{AAE,AUC,ref}$	consumo do sistema de aquecimento de água em energia elétrica das áreas de uso comum na condição de referência (kWh/ano)
$C_{EQ,AUC}$	consumo médio estimado de energia elétrica dos equipamentos das áreas de uso comum (kWh/ano), calculado por meio da Equação 4.

Quadro 3 - Limites inferiores de $RedC_{EP,AUC}$ para as áreas de uso comum sem elevador

	Red $C_{EP,AUC}$ (%)				
	Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D	Classif. E
AUC Sem elevadores	$RedC_{EP,AUC} \geq 22$	22 > $RedC_{EP,AUC}$ ≥ 15	15 > $RedC_{EP,AUC}$ ≥ 0	0 > $RedC_{EP,AUC}$ ≥ -8	$RedC_{EP,AUC} < -8$

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

Visto que a edificação não dispõe de sistemas de bombeamento, elevadores ou aquecimento de água, as avaliações consideraram apenas, as parcelas do sistema de condicionamento de ar e iluminação e o consumo médio de energia elétrica dos equipamentos. Sendo analisados de forma individual, pelos seguintes critérios:

2.2.1. Determinação da classificação de eficiência energética do sistema de iluminação

É dada seguindo o percentual de redução do consumo do sistema de iluminação da classificação D ($C_{IL,refD}$) para a classificação A ($C_{IL,refA}$), ver Equação 8. De posse do valor, verifica-se a escala do Quadro 02 e, caso a redução seja negativa, a classificação será E.

$$i = \frac{(C_{IL,refD} - C_{IL,refA}/C_{IL,refD}) \cdot 100}{3} \quad (8)$$

Onde:

i	coeficiente que representa os intervalos entre as classificações
$C_{IL,refD}$	consumo do sistema de iluminação para a classificação D (kWh/ano)
$C_{IL,refA}$	consumo do sistema de iluminação para a classificação A (kWh/ano)

Quadro 4 - Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética para o sistema de iluminação

Red C_{IL} (%)			
Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

$RedC_{IL} > 3i$	$3i \geq RedC_{IL}$ $> 2i$	$2i \geq RedC_{IL}$ $> i$	$RedC_{IL} \leq i$
------------------	-------------------------------	------------------------------	--------------------

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

Determinado a partir da Equação 9, o considera os valores do consumo de iluminação da área de uso comum na condição real ($C_{IL,real}$), e na condição de referência ($C_{IL,refD}$).

$$RedC_{IL} = \frac{C_{IL,refD} - C_{IL,real}}{C_{IL,refD}} \cdot 100 \quad (9)$$

Onde:

$RedC_{IL}$	percentual de redução do consumo de iluminação da condição real em relação à condição de referência (%)
$C_{IL,refD}$	consumo de iluminação da área de uso comum na condição de referência D (kWh/ano), calculado pela Equação 10.
$C_{IL,real}$	consumo de iluminação da área de uso comum na condição real (kWh/ano)

As informações nas condições de referências são calculadas conforme as equações 10 e 11. Já a potência de iluminação é calcula empregando-se a Equação 12.

$$C_{IL,refA} = \frac{\sum_{i=1}^n PI_{LA}(h \cdot N_{ano})}{1000} \quad (10)$$

Onde:

$C_{IL,refA}$	consumo do sistema de iluminação da AUC na condição de referência A (kWh/ano)
PI_{LA}	potência de iluminação limite para a classificação A (W)
h	horas de uso da AUC por dia, conforme a Tabela G.1
N_{ano}	número de dias de ocupação ao ano conforme a Tabela G.1
n	quantidade de áreas de uso comum

$$C_{IL,refD} = \frac{\sum_{i=1}^n PI_{LD}(h \cdot N_{ano})}{1000} \quad (11)$$

Onde:

$C_{IL,refD}$	consumo do sistema de iluminação da AUC na condição de referência D (kWh/ano)
PI_{LD}	potência de iluminação limite para a classificação D (W)
h	horas de uso da AUC por dia, conforme a Tabela G.1
N_{ano}	número de dias de ocupação ao ano conforme a Tabela G.1
n	quantidade de áreas de uso comum

$$PI_L = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot DPL_L) \quad (12)$$

Onde:

PI_L	potência de iluminação limite para cada classificação (W)
A_i	área iluminada para cada uma das atividades, se houver mais de uma (m ²)
DPL_L	densidade de potência limite para cada uma das atividades, se houver mais de uma (W/m ²)
n	quantidade de áreas de uso comum

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

As informações nas condições de real são calculadas conforme as equações 13. Já a potência de iluminação é calcula empregando-se a Equação 14 e 15.

$$C_{IL,real} = \frac{\sum_{i=1}^n PI_{R,real}(h.N_{ano})}{1000} \quad (13)$$

Onde:

$C_{IL,real}$	consumo do sistema de iluminação da AUC na condição real (kWh/ano)
$PI_{R,real}$	potência de iluminação total instalada nas AUC (W)
h	horas de uso da AUC por dia, conforme a Tabela G.1
N_{ano}	número de dias de ocupação ao ano, conforme a Tabela G.1
n	quantidade áreas de uso comum

$$PI_{Treal} = \sum (PI_u) + \sum (PI) + P_{ASF} \quad (14)$$

Onde:

PI_{Treal}	potência de iluminação total da AUC na condição real (W)
PI_u	potência de iluminação em uso, calculada conforme Equação G.8 (W)
PI	potência de iluminação sem controle automatizado (W)
P_{ASF}	potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico ou sem sistema instalado no momento da inspeção em campo da AUC (W), quando aplicável

$$P_{ASP} = (1,5.PI_{LD}) \quad (15)$$

Onde:

P_{ASP}	potência de iluminação de ambientes sem projeto luminotécnico ou sem sistema instalado no momento da inspeção em campo da AUC (W)
PI_{LD}	potência de iluminação limite para a classificação D (W)

2.2.2. Determinação da classificação de eficiência do sistema de condicionamento de ar

Baseia-se na classificação de eficiência energética de cada equipamento, representada pelo coeficiente de eficiência energética (CEER), multiplicado pela potência do respectivo equipamento (Equação 16). A classificação do sistema de condicionamento de ar é dada consultando a escala do Quadro 3. A moradia é dotada de dois equipamentos de ar-condicionado do tipo *split-system* com capacidade de 300.000 BTU/h, tecnologia inverter e potência de 2.700 W. O CEER foi calculado a partir do Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) (Equação 17), obtido nas tabelas de eficiência energética do PBE para Condicionadores de ar (índices novos – IDRS).

Quadro 5 – Limites para classificação do sistema de condicionamento de ar

Classe	Coeficiente de eficiência energética ponderado do sistema de condicionamento de ar da AUC
A	$CEE_R \geq 5,5$
B	$5,5 < CEE_R \leq 5,0$

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

C	$5,0 < CEE_R \leq 4,5$
D	$4,5 < CEE_R \leq 4,0$
E	$CEE_R < 4$

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

$$CEE_{R,AUC} = \frac{\sum (P_{equip} \cdot CEE_R)}{\sum P_{equip}} \quad (16)$$

Onde:

CEE_R coeficiente de eficiência energética ponderado do sistema de condicionamento de ar da AUC

P_{equip} potência do equipamento de condicionamento de ar (em BTU/h)

CEE_R coeficiente de eficiência energética do equipamento de condicionamento de ar da AUC

$$CEE_R = IDRS \quad (17)$$

Onde:

CEE_R coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração (W/W)

$IDRS$ Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal, sendo $IDRS = 5,71$

O consumo do sistema de condicionamento na condição real é calculado empregando os dados de consumo na etiqueta de classificação energética do equipamento, aplicando na Equação 18.

$$C_{AC,real} = \sum \frac{C_{AC,nom,IDRS}}{2080} \cdot N_{ano} \cdot h \quad (18)$$

Onde:

$C_{AC,real}$ consumo do sistema de condicionamento de ar total da área de uso comum na condição real, para equipamentos classificados pelo IDRS (kWh/ano)

$C_{AC,nom,IDRS}$ consumo nominal do equipamento condicionador de ar, estabelecido nas tabelas de eficiência energética do PBE para Condicionadores de ar (kWh/ano)

N_{ano} horas de uso da área de uso comum por dia, conforme a Tabela G.1

h número de dias de ocupação ao ano, conforme a Tabela G.1

O consumo do sistema de condicionamento na condição de referência são calculados empregando os dados de consumo na etiqueta de classificação energética do equipamento, aplicando na Equação 19.

$$C_{AC,ref} = \sum \frac{C_{AC,nom,IDRS,ref}}{2080} \cdot N_{ano} \cdot h \quad (19)$$

Onde:

$C_{AC,ref}$ consumo do sistema de condicionamento de ar total da área de uso comum na condição de referência, para equipamentos classificados pelo IDRS (kWh/ano)

$C_{AC,nom,IDRS,ref}$ consumo nominal do equipamento condicionador de ar, calculado conforme a Tabela G.10 (kWh/ano)

N_{ano} horas de uso da área de uso comum por dia, conforme a Tabela G.1

h número de dias de ocupação ao ano, conforme a Tabela G.1

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

3. RESULTADOS

O prédio estudado situa-se na Zona bioclimática 8, segundo a classificação da NBR 15220 (ABNT, 2015), e apresenta envoltória com cobertura exposta e fachadas com orientação predominante norte e oeste. O pavimento da unidade analisada está em contato com outro pavimento inferior (outra UH), enquanto a cobertura está diretamente exposta às condições climáticas externas. O dormitório 14 possui orientação para o norte, enquanto o dormitório 15 apresenta orientações norte e oeste. O ângulo de desvio da fachada norte é de $19,31^\circ$.

Os componentes construtivos da envoltória foram analisados conforme suas propriedades térmicas e geométricas, considerando os valores-padrão estabelecidos pela INI-R. Os dados de transmitância térmica (U), capacidade térmica (CT) e absorção solar (α) utilizados foram os apresentados no Quadro 6 abaixo:

Quadro 6 – Propriedades térmicas dos componentes da envoltória

Componentes	Descrição construtiva	U (W/m ² ·K)	CT (kJ/m ² ·K)	α (%)	FS
Paredes	Bloco cerâmico 9x19x19 cm, argamassa interna e externa com 2,5cm e pintura externa	2,26	151	10,2	–
Cobertura	Laje maciça de 15 cm com câmara de ar e telha de fibrocimento	2,13	233	64	–
Piso	Laje maciça	4,00	220	–	–
Vidro	Vidro incolor com película	5,70	–	–	0,440

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022)

As aberturas foram caracterizadas por área de ventilação (AV) de 1,62 m² para cada dormitório, resultando em um percentual de abertura para ventilação (PV) de 0,101 (AV/AP). A área de superfície dos elementos transparentes (AT) foi de 1,88 m², com percentual de elementos transparentes (AT/AP) de 0,117. Esses dados foram utilizados para avaliação da ventilação cruzada e iluminação natural, conforme exigido pela norma para a classificação da envoltória.

Foram feitas as seguintes considerações para as dimensões horizontais das paredes internas e externas dos dormitórios (Quadro 7). O dormitório 14 possui exposição direta ao

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

norte, enquanto o dormitório 15 está exposto às orientações norte e oeste. As demais faces são internas, em contato com outras unidades ou áreas comuns. Como não há interligação direta entre os dois dormitórios por meio de portas, as aberturas nas paredes sul foram desconsideradas na análise da ventilação e da envoltória, conforme critérios da INI-R.

Quadro 7 – Dimensões das paredes horizontais das APPS analisadas

Paredes	Dormitório 14 (m)	Dormitório 15 (m)
Contato com outra APP	4,65	4,65
Contato com APT (circulação)	3,42 e 4,65	2,85
Fachada externa – Norte	3,45	3,45
Fachada externa – Oeste	–	4,65
Fachadas externas – Leste/Sul	–	–
Parede interna – Norte	–	–
Parede interna – Leste	4,65	4,65
Parede interna – Oeste	4,65	–
Parede interna – Sul	3,45	3,45

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

3.1. Classificação da Envoltória

O Quadro 8 apresenta os parâmetros de entrada do Metamodelo. As informações de entrada foram retiradas do modelo tridimensional desenvolvido; dos anexos da NBR 15.220 (ABNT, 2015); e, dos dados climáticos disponíveis para o estado do RN, sendo da cidade de Natal. Quanto aos sistemas de aquecimento de água, apesar de não existir, para que fosse feito o processamento da planilha, seguiu-se o procedimento orientativo de preenchimento mínimo. No site, a planilha básica é inserida e, como resultados são apresentados os parâmetros necessários para classificar a edificação e sua respectiva classificação, conforme sintetizado no Figura 5.

Quadro 8 - Parâmetros de Entrada do Metamodelo

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Início	Nome da UH:		Residência Universitária					
	Endereço:		Av. Univ. Leto Fernandes					
	Solicitante da ENCE:		UFERSA					
	Etapa:		Ed. Construída					
	UF:		RN					
	Cidade:		Caraúbas					
	Tipo de sistema de geração de eletricidade		Sistema Interligado Nacional					
	Área total de Permanência transitória (m²):		125,9					
	Tipologia:		Multifamiliar					
	Pavimento:		Pavimento cobertura					
	Identificação da UH [Para Multifamiliar]:		residencial					
Nº Pavimento [Para Multifamiliar, se existir]:		2						
Envoltória	Características gerais							
	Ambiente	Existe previsão de condicionamento de ar?	Uso	Exposição do Piso	Exposição da Cobertura			
	Dormitório 14	Não	Dormitório	Entre Pavimentos	Exposta			
	Dormitório 15	Não	Dormitório	Entre Pavimentos	Exposta			
	Componentes							
	Piso	Cobertura	Parede					
	MeuPiso	MinhaCobertura	MinhaParede					
	MeuPiso	MinhaCobertura	MinhaParede					
	Característica do							
	Área de piso (m²)	Pé-direito (m)	Ângulo de desvio da parede norte	Veneziana na janela	Esquadria a Norte	Esquadria a Leste	Esquadria a Sul	Esquadria a Oeste
	16,04	3	19,31	Não	J02	Sem esquadria	Sem esquadria	Sem esquadria
	16,04	3	19,31	Não	J02	Sem esquadria	Sem esquadria	Sem esquadria

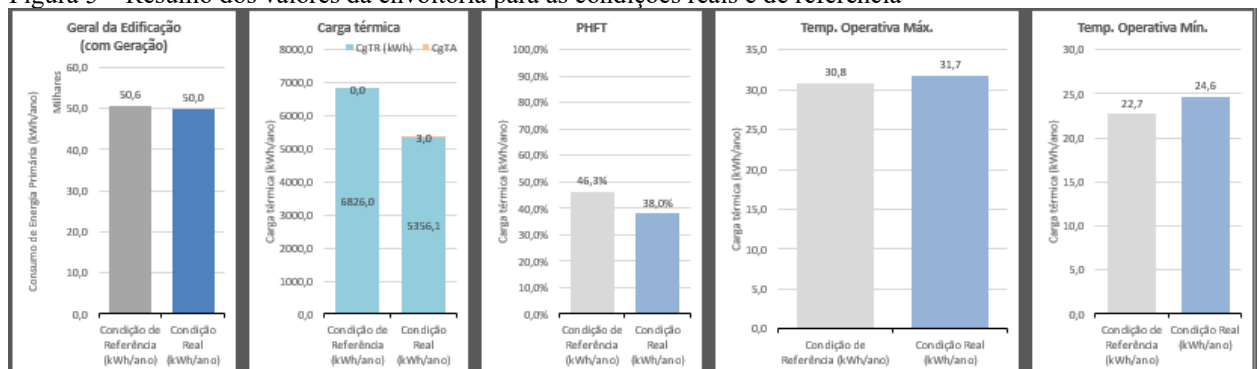
¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

	Parede Norte - características			
	Dimensão horizontal externa	Dimensão horizontal interna	Porta interna	
	3,45	3,45	Sim	
	3,45	3,45	Sim	
	Parede Norte -			
	AVSfac [°]			
	Elemento de sombreamento	Autossombreamento/entorno		
	1	20		
	1	20		
Aquecimento de água	Dados climáticos:			
	Cidade	Caraúbas	Dica: Escreva a cidade vírgula o estado, exemplo: 'Florianópolis, SC':	
	Temperatura média anual (°C)	Escolha uma cidade Representativa na lista ao lado:	Natal, RN	
		Sem Acumulação		
	Número de pessoas:	40		
	Consumo per capita diário (L/unidade/dia)	150		
	Tipo de Sistema predominante:	Sem acumulação		
Condicionamento de ar	Parâmetros do sistema			
	Tipo de Sistema:	Chuveiro elétrico		
	Ambiente	Existe previsão de condicionamento		
	Dormitório 14	Não		
	Dormitório 15	Não		
Componentes	Paredes			
	Nome	Transmitância térmica (W/m²K)	Capacidade térmica (kJ/m²K)	Absortância solar
	Minha Parede	2,26	151,00	0,20
	Coberturas			
	Nome	Transmitância térmica (W/m²K)	Capacidade térmica (kJ/m²K)	Absortância solar
	Minha Cobertura	2,13	233,00	0,64
	Piso			
	Nome	Transmitância térmica (W/m²K)	Capacidade térmica (kJ/m²K)	
	Meu Piso	4,00	220,00	
	Esquadrias			
	Nome	Transmitância térmica (W/m²K)	Fator Solar	Área de Elementos Transparentes (m²)
	J02	5,70	0,44	1,88
			Fator de Ventilação (%)	
			10%	

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

Figura 5 – Resumo dos valores da envoltória para as condições reais e de referência



Fonte: INMETRO (2022).

A classificação da eficiência energética foi fornecida pelo Metamodelo indicando a Classe C. Para chegar a essa classificação, as análises dos dados foram compiladas no Quadro 9. A partir deles, podem ser aplicados a análise da envoltória, cuja escala foi calculada e

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

apresentada no Quadro 10. Após isso, o parâmetro $RedCgTT_{min(\%)} = -20$, foi especificado de acordo com o parâmetro $CgTT_{UG,ref}/A_{p,UH} = 426,37 \geq 100 kWh/(ano.m^2)$, para o pavimento cobertura. Como não atendeu aos critérios para a Classe A e B, foi feita a verificação para o enquadramento entre as Classe C e D.

Quadro 9 – Resultados da simulação do Metamodelo para envoltória

Indicador	Condição de Referência	Condição Real	Critério de classificação:	Valor do critério de classificação:
CgTR (kWh)	6826,0	5356,1	-	-
CgTA	0,0	3,0	-	-
CgTT	6826,0	5359,1	RedCgTT	20,00
PHFT	46,3%	38,0%	$\Delta PHFT$	-8,3%
Top,Máx	30,8	31,7	$\Delta to,Máx$	32,8
Top,Mín	22,7	24,6	$\Delta to,Mín$	21,7

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

Quadro 10 – Escala para o parâmetro percentual de horas de ocupação da UH dentro de uma faixa de temperatura operativa (%)

Análise			Classe	Status
$\Delta PFFT \geq \Delta PHFT_{min}$			Classe A	Não atende
-8,3%	$\geq$	17,92%		
$\Delta PFFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\geq$		Classe B	Não atende
-8,3%		17,92%		
$PHFT_{UH,real} \geq 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$\geq$		Classe C	Atende
38,0%		41,67%		
$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$>$		Classe D	Atende
38,0%		38,0%		

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

Quanto à Temperatura operativa mínima, verificou-se que a $T_{omaxUH,real} > T_{omaxUF,ref} - T_{omax}$, na qual $31,7^\circ C > 30,8^\circ C - 2^\circ C$, sendo $2^\circ C$ para o pavimento de cobertura, de modo que $31,7^\circ C > 28,8^\circ C$. Nesse critério, não se enquadra nas Classe A, B, C ou D, em nenhuma zona bioclimática.

Quanto à redução da carga térmica de total, conforme os dados do Quadro 11, verifica-se que os critérios para a Classe C já estão sendo atendidos.

Quadro 11 - Escala para a redução da carga térmica de total $RedCgTT$

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

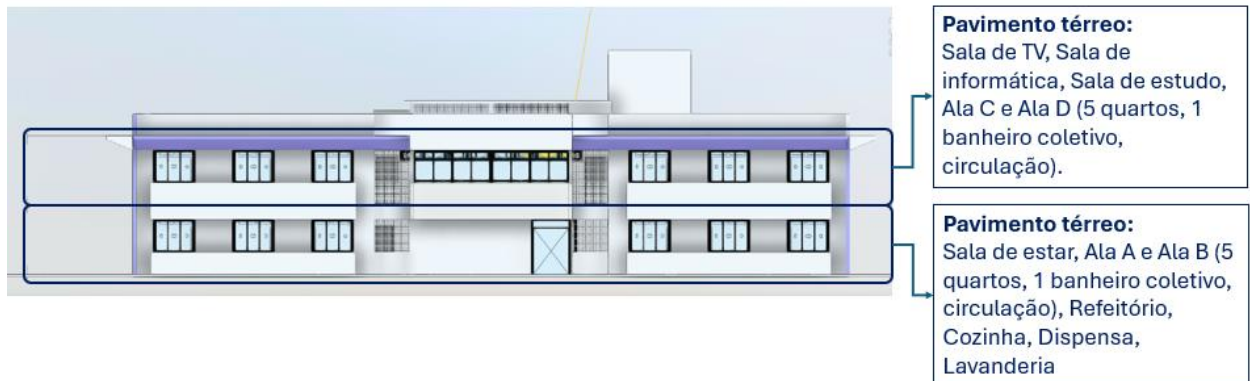
²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Análise			Classe	Status
$RedCgTT \geq 0\%$			Classe C	Atende
Análise	$\geq$	0		
$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$			Classe D	Atende
Análise	$\geq$	-20		

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

A Figura 6 representa um esquema dos ambientes da moradia universitária que serviu de base para as análises das áreas comuns e da envoltória. A partir do projeto de arquitetura e modelagem tridimensional, foram listadas no Quadro 12 as áreas dos ambientes considerados áreas comuns.

Figura 6 – Representação da edificação multifamiliar exemplo



Fonte: Autoria própria, 2025.

3.2. Classificação das áreas de uso comum

3.2.1. Sistema de iluminação artificial

As condições de referência foram calculadas conforme informações apresentadas no Quadro 12. No entanto, são necessários cálculo relacionados à condição de referência, realizados conforme os dados do Quadro 13, o qual serviu de base para o cálculo do, empregando a Equação 8 e estabelecendo o valor de $i = 30,25\%$, conforme referência do Quadro 9. Assim, foi possível calcular os intervalos das respectivas classificações de eficiência energética, conforme apresentado no Quadro 14. Utilizando a Equação 9, obtém-se $RedC_{IL} = 26,11\%$, de modo que o sistema de iluminação artificial se enquadra na Classificação D, zona destacada na cor vermelho do referido quadro 14.

Quadro 12 - Descrição do cálculo do sistema de iluminação na condição de referência

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Ambiente	Área (m²)	DPI _{LD} (W/m²)(1)	PI _{LD} (W)	Horas de uso por dia (4)	Dias de uso por ano (5)	C _{IL,refD} (kWh/ano)	DPI _{LD} (W/m²)(1)	PI _{LD} (W)	Horas de uso por dia (4)	Dias de uso por ano (5)	C _{IL,refD} (kWh/ano)
Refeitório	50,76	7,55	383	4	300	460	9,60	487	4	300	585
Cozinha	13,31	11,40	152	4	300	182	17,12	228	4	300	273
Dispensa	3,37	2,40	8	2	300	5	3,40	11	2	300	7
Área de serviço	23,85	11,40	272	4	300	326	17,12	408	4	300	490
Banheiros	39,78	9,15	364	4	300	437	9,75	388	4	300	465
Circulação	46,97	3,10	146	4	300	175	4,30	202	4	300	242
Sala de estudo	37,01	9,90	366	8	300	879	16,32	604	8	300	1.450
Sala de informática	37,01	9,90	366	8	300	879	16,32	604	8	300	1.450
Banheiros	39,78	9,15	364	4	300	437	9,75	388	4	300	465
Circulação	46,97	3,10	146	4	300	175	4,30	202	4	300	242
Total						3.955	Total				5.670

Fonte: Autoria própria, 2025.

Quadro 13 – Descrição do cálculo do sistema de iluminação na condição de real

Pavimento	Ambiente	Área (m²)	Densidade de potência instalada real (DPI - W/m²)(1)	Tem controle (sensor de desligamento)?	Potência instalada calculada PIC (W)(2)	Fator de ajuste de potência (FAP)	Potência instalada real (W)(3)	Horas de uso por dia (4)	Dias de uso por ano (5)	C _{IL,real} (kWh/ano)
Térreo	Refeitório	50,76	11,40	Não	579	1	579	4	300	694
	Cozinha	13,31	11,40	Não	152	1	152	4	300	182
	Dispensa	3,37	2,40	Não	8	1	8	2	300	5
	Área de serviço	23,85	11,40	Não	272	1	272	4	300	326
	Banheiros	39,78	9,15	Não	364	1	364	4	300	437
	Circulação	46,97	3,10	Não	146	1	146	4	300	175
1º Pavimento	Sala de estudo	37,01	9,90	Não	366	1	366	8	300	879
	Sala de informática	37,01	9,90	Não	366	1	366	8	300	879
	Banheiros	39,78	9,15	Não	364	1	364	4	300	437
	Circulação	46,97	3,10	Não	146	1	146	4	300	175
Total										4.189

NOTA: (1) Anexo G.3 (IMETRO, 2022); (2) PIC = Área x DPI; (3) Pir = PIC.FAP (4) Ajustado já que é um ambiente coletivo; (5) Considerado apenas os dias letivos, permitidos para ocupação.

Fonte: Autoria própria, 2025.

Quadro 14 - Determinação das potências limites para as condições D e A

RedC _{IL} (%)			
Classif. A	Classif. B	Classif. C	Classif. D
RedC _{IL} > 90,74	90,74 ≥ RedC _{IL} > 60,50	60,50 ≥ RedC _{IL} > 30,25	RedC _{IL} ≤ 30,25

Fonte: Adaptado de INMETRO (2022).

3.2.2. Sistema de condicionamento de ar

Com base nos dados sistematizados no Quadro 15, calculou-se o valor de $C_{AC,real} = 414 \text{ kWh/ano}$, com a utilização da Equação 18. Como todos os aparelhos são Classe A, não foram necessários utilizar incrementos no cálculo do coeficiente de eficiência energética. Além disso, ambos possuem a mesma especificação. Assim, empregando-se a Equação 16, foi obtido o valor de $CEE_{R,AUC} = 5,71$. Conforme o Quadro 11, o sistema de condicionamento de ar será classificado como Classe A.

Quadro 15 - Sistemas de condicionamento de ar das AUC

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Espaço	Potência (BTU/h)	Consumo mensal para CEE (COP)1 hora de uso por dia (kWh/mês)	Horas de uso por dia (h)	Dias de uso por ano (Nano)	Etiqueta de eficiência energética do INMETRO	CEE (W/W)
Sala de estudo	30.000	86,25	8	300	A	5,71
Sala de informática	30.000	86,25	8	300	A	5,71

Fonte: Autoria própria, 2025.

3.2.3. Equipamentos elétricos

No Quadro 16, foram apresentados os dados referentes aos equipamentos elétricos nas áreas de uso comum. A partir do valor total é possível obter a parcela $C_{EQ,AUC}$ das Equações 3 e 7, correspondente a 6;699 kWh/ano.

Quadro 16 - Levantamento de consumo de equipamentos nas áreas de uso comum

Pavimento	Ambiente	Área (m²)	Densidade (W/m²) ⁽²⁾	Potência instalada real (W) ⁽³⁾	Horas de uso por dia ⁽⁴⁾	Dias de uso por ano ⁽⁵⁾	$C_{IL,real}$ (kWh/ano)
1º Pavimento	Cozinha	13,31	20	266	4	300	319
	Área de serviço	23,85	20	477	4	300	572
	Circulação ⁽¹⁾	46,97	20	939	4	300	1.127
	Sala de estudo	37,01	20	740	8	300	1.776
	Sala de informática	37,01	20	740	8	300	1.776
	Circulação(1)	46,97	20	939	4	300	1.127
Total							6.699

NOTA: (1) Considerado devido a presença de bebedouros e geladeiras. (2) Conforme IMETRO, 2022.

Fonte: Autoria própria, 2025.

3.2.4. Classificação de eficiência energética das áreas comuns

A classificação das áreas comuns foi verificada considerando a Equação 1, que precisa da verificação nas condições reais e nas condições de referência. O Quadro 17 apresenta o resumo do consumo real. Como não há sistema de aquecimento de água e nem geração de energia por fontes locais, não há consumo de energia térmica, logo a Equação 2 passa a contar apenas com a parcela $C_{EP,AUC,real} = (C_{EE,AUC,real} \cdot f_{c_E})$. Considerando esses dados, calcula-se que $RedC_{EP,AUC} = 11,58\%$. E, por isso, as áreas comuns da residência universitária enquadram-se na Classe C de eficiência energética.

Quadro 17 - Consumo de energia elétrica da condição real e de referência

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Sistema	Consumo de energia elétrica da edificação real (kWh/ano)	Consumo de energia elétrica da edificação referência (kWh/ano)
Iluminação	4.189	5.670
AC	414	414
Equipamentos	6.699	6.699
Total	11.303	12.783
Fator	1,6	1,6
Real	18.084	20.453

Fonte: Autoria própria, 2025.

O desempenho apenas intermediário da envoltória (Classe C) é particularmente crítico por se tratar de uma edificação na ZB-8, onde o controle do ganho de calor é a principal estratégia bioclimática. A alta temperatura operativa máxima registrada na simulação evidencia que as soluções construtivas atuais são insuficientes para garantir o conforto térmico passivo, aumentando a dependência de sistemas de climatização artificial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos a partir da aplicação do método simplificado da Instrução Normativa INI-R, conforme a Portaria Inmetro nº 309/2022, indicaram que a unidade habitacional analisada da residência universitária da UFERSA – Campus Caraúbas alcançou classificação C em eficiência energética. Esse desempenho reflete as características construtivas adotadas, as condições de exposição solar e o padrão de envoltória, evidenciando que, embora não tenha sido detectado o atendimento aos requisitos mínimos de desempenho, ainda há oportunidades significativas para otimização, especialmente no contexto climático do semiárido.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação do método detalhado previsto na INI-R, complementado por simulações computacionais no *EnergyPlus* ou ferramentas equivalentes, visando avaliar cenários de intervenção que integrem estratégias passivas, como sombreamento e ventilação cruzada, e soluções ativas de climatização, com o objetivo de alcançar classificações superiores. Recomenda-se também a análise para as demais edificações da instituição, de modo a construir um panorama mais abrangente da eficiência energética no campus. Dessa forma, estudos futuros devem empregar o método detalhado com simulações dinâmicas para avaliar cenários de intervenção.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho parte 1: requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. *Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf): princípios e diretrizes*. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos/plano-nacional-eficiencia-energetica-pdf.pdf/view>. Acesso em: 15 jul. 2025.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Boletim de carga – março de 2024**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/dados-e-analises>. Acesso em: 15 jul. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2025: ano base 2024 – síntese**. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-BEN>. Acesso em: 15 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Portaria nº 309, de 29 de setembro de 2022**. Aprova instruções normativas e requisitos de avaliação da conformidade relacionados à classificação de eficiência energética de edificações residenciais e comerciais, de serviços e públicas. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 set. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/portarias>. Acesso em: 15 jul. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Instrução Normativa INI-R (Anexo II da Portaria nº 309, de 29 de setembro de 2022): Eficiência energética das edificações residenciais – método simplificado e prescritivo**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://pbeedifica.com.br/sites/default/files/Port_309_2022_INIR_NT02.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

PEIXOTO, Carol Soares Bezerra de Sá; MORAES FILHO, Rodolfo Araújo de; MORAES, Ionete Cavalcanti de. Práticas sustentáveis: estudo de caso em uma instituição de ensino superior. **Revista Gestão Universitária na América Latina – GUAL**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 230–248, maio 2019. DOI: <https://doi.org/10.5007/1983-4535.2019v12n2p230>. Acesso em: 15 jul. 2025.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Catálogo de propriedades térmicas e ópticas de componentes construtivos: edificações residenciais**.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

Rio de Janeiro: PBE Edifica, 2022. Disponível em:

https://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual%20RAC_Cat%C3%A1logo%20de%20propriedades_DEZ-22.pdf. Acesso em: 15 jul. 2025.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br

ANEXO I

Tabela A1 – Levantamento de dados in loco

ALA MASCULINA													
Ambiente	Área (m²)	Área tipo ventilação				Luminária			Climatização				
		Janelas	Tipo	Portas	Tipo	Tipo	Quant.	Watts (W)	Tipo	Marca	Quant.	BTUS	Potência dos Ac (W)
SALA DE ESTAR	32,78	2	Alumínio + vidro	1	Alumínio + vidro								
REFEITÓRIO	50,76	3	Alumínio + vidro	1	aberta	Fluorescente	6						
COZINHA	18,31	1	cobogó	1	aberta	Fluorescente	1						
Depósito	5,45	1	cobogó	1	Madeira	Fluorescente	1						
DESPENSA	3,37	1	Alumínio + vidro	1	Madeira	Fluorescente	1						
ÁREA DE SERVIÇO - A	23,85		cobogó	2	Alumínio	Fluorescente	2						
CIRCULAÇÃO - A	26,03	1	cobogó			Fluorescente	2						
DORMITÓRIOS - A	80,2	5	Alumínio + vidro	5	Madeira	Fluorescente	2						
BANHEIRO - A	19,72	1	cobogó	1	Madeira	Fluorescente	2						
ÁREA DE SERVIÇO - B	23,85		cobogó	2	Alumínio	Fluorescente	2						
CIRCULAÇÃO - B	26,03	1	cobogó			Fluorescente	2						
DORMITÓRIOS - B	80,2	5	Alumínio + vidro	5	Madeira	Fluorescente	2						
BANHEIROS - B	20,06	1	cobogó	1	Madeira	Fluorescente	2						
CIRCULAÇÃO - C	26,03	1	cobogó			Fluorescente	2						
DORMITÓRIOS - C	80,2	5	Alumínio + vidro	5	Madeira	Fluorescente	2						
BANHEIROS - C	19,72	1	cobogó	1	Madeira	Fluorescente	2						
CIRCULAÇÃO - D	26,03	1	cobogó			Fluorescente	2						
DORMITÓRIOS - D	80,2	5	Alumínio + vidro	5	Madeira	Fluorescente	2						
BANHEIROS - D	20,06	1	cobogó	1	Madeira	Fluorescente	2						
SALA DE TV	45,47			2	Alumínio + vidro	Fluorescente	4						
SALA DE INFORMÁTICA	37,01	3	Alumínio + vidro	1	Madeira	Fluorescente	4		Split	Elgin	1	30000	8.790
SALA DE ESTUDO	37,01	3	Alumínio + vidro	1	Madeira	Fluorescente	4		Split	Elgin	1	30000	8.790
Total	782,34	42		35			49	0			2	60.000	17.580

Fonte: Autoria própria, 2025.

¹Graduanda em Engenharia Civil, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: thalia.fernandes@alunos.ufersa.edu.br

²Professora Orientadora, Departamento de Engenharias, Ufersa, Campus Caraúbas, e-mail: leonete.cristina@ufersa.edu.br