



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ADSON DE SOUSA VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL**

FORTALEZA

2025

ADSON DE SOUSA VASCONCELOS

ESTUDO DE CASO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- V45e Vasconcelos, Adson de Sousa.
Estudo de caso de eficiência energética em um condomínio residencial / Adson de Sousa
Vasconcelos. – 2026.
70 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2026.
Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara .
1. Eficiência energética. 2. Condomínios residenciais. 3. Iluminação. 4. Análise tarifária . I. Título.
CDD 621.3
-

ADSON DE SOUSA VASCONCELOS

**ESTUDO DE CASO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sérgio Daher
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. George André Pereira Thé
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus,
À minha família

AGRADECIMENTOS

Desejo primeiro agradecer a Deus, que me concedeu, ao longo de todos esses anos, os meios necessários para passar por essa etapa tão significativa da minha vida.

Aos meus pais, por terem tido a paciência e fé na minha jornada acadêmica, fornecendo todo o suporte necessário. Sem vocês nada disso seria possível.

A todos os meus amigos, que me ajudaram a tornar essa jornada mais leve e divertida.

A universidade federal do ceará, por todo o suporte estrutural que foi concedido, como o restaurante universitário, e os ambientes de convivência.

Ao Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara, por ter me orientado e ter feito valiosas sugestões que facilitaram a escrita deste trabalho

Ao Prof. Dr. Sérgio Daher e ao Prof. Dr. George Pereira Thé, por terem tido a disponibilidade de avaliar este trabalho e propor sugestões.

Ao departamento de engenharia elétrica, por todo o suporte durante esses anos de graduação.

“É um homem sensato, aquele que não lamenta pelo que não tem, mas se alegra pelo que tem.”

Epicteto

RESUMO

O aumento do consumo de energia elétrica e dos custos associados tem impulsionado a busca por alternativas que promovam a eficiência energética, especialmente em condomínios residenciais. Este trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação de técnicas de eficiência energética em um condomínio residencial, com foco nos sistemas de iluminação, nos motores elétricos e na análise da modalidade tarifária contratada. A metodologia adotada baseou-se em uma auditoria energética, que incluiu o levantamento de cargas, a análise do perfil de consumo, o exame das faturas de energia elétrica e a realização de cálculos técnicos para estimar o consumo e avaliar a viabilidade econômica das melhorias propostas. Entre as alternativas analisadas destacam-se a utilização de sensores de presença no sistema de iluminação e a revisão da modalidade tarifária, visando à redução dos gastos com energia elétrica. Os resultados indicam que, embora seja necessário um investimento inicial, intervenções pontuais podem gradualmente gerar economias significativas a longo prazo. Conclui-se que a adoção de técnicas de eficiência energética contribui para a redução do consumo, o uso mais racional da energia elétrica em condomínios residenciais.

Palavras-chave: Eficiência energética; Condomínios residenciais; Iluminação; Análise tarifária; Auditoria energética.

ABSTRACT

The increase in electricity consumption and the associated costs has driven the search for alternatives that promote energy efficiency, especially in residential condominiums. This study presents an analysis of the application of energy efficiency techniques in a residential condominium, focusing on lighting systems, electric motors, and the analysis of the contracted tariff modality. The methodology adopted was based on an energy audit, which included a load survey, analysis of the consumption profile, examination of electricity bills, and technical calculations to estimate consumption and evaluate the economic feasibility of the proposed improvements. Among the alternatives analyzed, the use of occupancy sensors in the lighting system and the review of the tariff modality stand out, aiming to reduce electricity expenses. The results indicate that, although an initial investment is required, targeted interventions can gradually generate significant long-term savings. It is concluded that the adoption of energy efficiency techniques contributes to consumption reduction and to the more rational use of electrical energy in residential condominiums.

Keywords: Energy efficiency; Residential condominiums; Lighting systems; Tariff analysis; Energy audit.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rendimentos nominais mínimos de motores elétricos.....	23
Tabela 2: Bandeiras tarifárias.....	30
Tabela 3 :Orçamento dos motores de alto rendimento.....	42
Tabela 4: Orçamento sensores de presença.....	44
Tabela 5: Tempo de retorno do sistema de iluminação.....	45
Tabela 6: Cargas do condomínio.....	46
Tabela 7: Tarifa atual - grupo B.....	48
Tabela 8: Hora sazonal verde.....	50
Tabela 9: Hora sazonal azul.....	55
Tabela 10: Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal verde.....	55
Tabela 11: Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal azul.....	56
Tabela 12 : Tempo de retorno para hora sazonal verde.....	58
Tabela 13 : Tempo de retorno para hora sazonal azul.....	59
Tabela 14: Payback do investimento total da instalação.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Foto da área da piscina.....	32
Figura 2: Foto de uma rua do condomínio.....	32
Figura 3 : Lâmpadas térreo bloco 25.....	34
Figura 4: Lâmpada utilizada nos blocos.....	34
Figura 5: Lâmpadas externas (áreas de passagem de pessoas e carros).....	35
Figura 6: Dados de placa dos motores de recalque.....	37
Figura 7 : Motores de recalque.....	37
Figura 8: Dados do motor da piscina.....	38
Figura 9: Filtro da piscina pequena.....	39
Figura 10: Iluminação hall bloco 36.....	40
Figura 11: Tabela dos modelos da linha super premium WEG.....	41
Figura 12: Datasheet da luminária externa do condomínio.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

ET-126 – Especificação Técnica 126 da concessionária de energia elétrica

FP – Fator de Potência

IEA – International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

MME – Ministério de Minas e Energia

PEE – Programa de Eficiência Energética

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PRORET – Procedimentos de Regulação Tarifária

SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia

TE – Tarifa de Energia

TIR – Taxa Interna de Retorno

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

C – Custo mensal de energia elétrica

C_1 – Custo mensal do sistema sem sensor de presença

C_2 – Custo mensal do sistema com sensor de presença

C_m – Consumo mensal de energia elétrica de um motor

C_{m_1} – Consumo mensal do motor de menor rendimento

C_{m_2} – Consumo mensal do motor de alto rendimento

E – Economia financeira mensal obtida

FC – Fluxo de caixa

k – Taxa de desconto ou custo de oportunidade do capital

M – Número de dias do mês

N – Número de equipamentos ou lâmpadas

P – Potência elétrica

Ren – Rendimento do motor elétrico

S – Tarifa de energia elétrica

t – Tempo ou período de análise

T – Tempo diário de funcionamento

FP – Fator de potência

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.2 Objetivo Geral.....	15
1.1.3 Objetivos Específicos.....	15
1.2 Metodologia.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Eficiência energética.....	17
2.1.1 Princípios Básicos da Eficiência Energética.....	17
2.1.2 Metodologias de Avaliação.....	18
2.2 Métodos de diagnóstico.....	18
2.3 Eficiência energética dos sistemas de iluminação.....	19
2.3.1 Cálculo de eficiência energética em sistemas de iluminação.....	20
2.4 Eficiência energética em motores elétricos.....	20
2.4.1 Cálculo de eficiência energética em motores elétricos.....	22
2.5 Análise Tarifária.....	24
2.5.1 Estrutura Tarifária Convencional.....	25
2.5.4 Bandeiras Tarifárias.....	28
3. ESTUDO DE CASO.....	30
3.1 Apresentação da instalação.....	30
3.1.1 Sistema de iluminação.....	32
3.1.2 Motores da instalação.....	34
3.1.3 Tipo de tarifação.....	38
3.2 Auditoria energética.....	39
3.2.1 Avaliação dos motores elétricos.....	39
3.2.2 Avaliação do sistema de iluminação.....	42
3.2.3 Mudança tarifário.....	45
3.2.3.1 Tarifa grupo B- convencional.....	46
3.2.3.2 Tarifa grupo A- hora sazonal verde.....	47
3.2.3.3 Tarifa grupo A- hora sazonal azul.....	49
3.2.3.4 Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal verde.....	53
3.2.3.5 Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal azul.....	54
3.2.3.6 Tempo de retorno hora-sazonal verde.....	55
3.2.3.7 Tempo de retorno hora-sazonal azul.....	56
3.2.3.8 Tempo de retorno investimento total sugerido.....	57
4 .CONCLUSÃO.....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE A -Payback descontado sistema de iluminação.....	62
APÊNDICE B - Payback descontado hora-sazonal verde.....	64
APÊNDICE C - Payback descontado hora-sazonal azul.....	66
APÊNDICE D - Payback descontado valor total do investimento.....	68

ANEXO A- Características da luminária externa.....	70
---	-----------

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica, somada aos frequentes aumentos nas tarifas, tem gerado uma preocupação crescente em relação aos custos de eletricidade, especialmente em edifícios residenciais coletivos, como os condomínios. Nesse sentido, a eficiência energética se apresenta como uma solução prática para diminuir o consumo mantendo a qualidade dos serviços do condomínio com o morador. (ELETROBRAS; PROCEL, 2015).

No consumo de energia de condomínios residenciais, a maior parte está ligada à iluminação das áreas comuns, aos motores elétricos de elevadores e bombas, e à tarifa contratada junto à concessionária. Frequentemente, a falta de uma avaliação técnica adequada leva essas instalações a funcionarem de maneira ineficiente, o que causa desperdício de energia e eleva os custos mensais sem necessidade. (ELETROBRAS; PROCEL; IBAM, 2002)

A eficiência energética busca, essencialmente, o uso consciente da energia elétrica, detectando onde há desperdício, trocando equipamentos antigos por tecnologias mais eficientes e implementando hábitos que reduzam o consumo. Uma das principais ferramentas para isso é a auditoria energética, que possibilita analisar o perfil de consumo da unidade consumidora e sugerir soluções que sejam tanto técnica quanto economicamente viáveis. (VIANA et al, 2021).

Portanto, este trabalho traz um estudo de eficiência energética realizado em um condomínio residencial, abrangendo a iluminação, os motores elétricos e a tarifa aplicada. São sugeridas otimizações que buscam diminuir o consumo de energia elétrica e os custos da conta mensal, através da coleta de dados, cálculos técnicos e estudos de viabilidade econômica.

Os resultados que foram alcançados durante a pesquisa servem para validar a eficácia das medidas sugeridas e mostram que, apesar de exigir um investimento inicial, é possível obter uma economia financeira ao longo do tempo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é servir de referência para a implementação de técnica de eficiência energética em condomínios residenciais que apresentam características similares.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral a avaliação do consumo de energia elétrica em um condomínio residencial. Como objetivos específicos, busca-se identificar os pontos de desperdício da instalação e propor adequações técnica e economicamente viáveis. Ademais, pretende-se identificar oportunidades de melhoria relacionadas à eficiência energética, à redução dos custos operacionais e à adequação da modalidade tarifária, sem comprometer o desempenho dos sistemas analisados.

1.1.2 Objetivo Geral

Realizar uma auditoria energética em um condomínio residencial, com o objetivo de identificar e propor técnicas de eficiência energética que contribuam para a redução do consumo e dos custos com energia elétrica, sem comprometer o funcionamento adequado dos sistemas avaliados.

1.1.3 Objetivos Específicos

- Identificar as cargas elétricas do condomínio, mapeando os principais sistemas que consomem energia elétrica;
- Verificar quanto de energia os sistemas de iluminação e os motores elétricos da instalação estão consumindo;
- Analisar a modalidade tarifária contratada e verificar a possibilidade de redução de custos por meio de mudança tarifária;
- Usar cálculos técnicos para avaliar o consumo de energia elétrica e a economia resultante das melhorias sugeridas;
- Avaliar a viabilidade econômica das medidas propostas em relação ao investimento inicial e ao tempo de retorno;

- Sugerir melhorias que ajudem a utilizar a energia elétrica de forma mais eficiente e consciente no condomínio analisado.

1.2 Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo foi a realização de uma auditoria energética em um condomínio residencial, visando analisar o consumo de energia elétrica e descobrir oportunidades de aprimoramento no que se refere à eficiência energética. O estudo foi desenvolvido de maneira sequencial, conforme as etapas a seguir.

No capítulo 3 foi feito um levantamento geral sobre o condomínio, como a instalação elétrica, o número de blocos, áreas comuns, equipamentos presentes e o histórico de consumo de energia elétrica. Isso possibilitou entender o padrão de consumo da unidade consumidora e mapear os principais locais de consumo de energia.

Depois no mesmo capítulo foi realizado um inventário dos sistemas que consomem energia elétrica, particularmente os sistemas de iluminação das áreas comuns e os motores elétricos responsáveis pelo bombeamento de água e outros serviços. Com base na potência dos aparelhos, no tempo médio de operação por dia e nas condições de funcionamento, foram realizados cálculos de consumo a partir dos dados coletados.

A próxima fase envolveu o uso de fórmulas e metodologias reconhecidas na literatura técnica que serão detalhadas no capítulo 2 para determinar os custos envolvidos e a estimativa de economia resultante das melhorias em potencial. No sistema de iluminação, foi considerada a aplicação de dispositivos de controle, como sensores de presença, e feita a avaliação da troca de motores por outros de maior eficiência, quando possível.

Simultaneamente, foi feita uma análise tarifária da unidade consumidora, levando em conta a modalidade que está contratada com a concessionária e a opção de mudar para um outro grupo tarifário. Com isso, foi possível comparar diferentes cenários de faturamento e determinar qual deles era o mais economicamente vantajoso.

Por fim, foi feita uma análise de viabilidade econômica das soluções propostas, calculando o fluxo de caixa e o payback, levando em conta o valor do dinheiro no tempo. Com os resultados alcançados, foram elaboradas conclusões e sugestões para aprimorar a eficiência energética do condomínio em questão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica que fundamenta o desenvolvimento deste trabalho, reunindo conceitos e conhecimentos técnicos relacionados à eficiência energética, auditoria energética e estrutura tarifária de energia elétrica.

São discutidos os princípios aplicáveis à redução do consumo e dos custos com energia, bem como os principais parâmetros utilizados na avaliação do desempenho energético de sistemas de iluminação e de motores. Além disso, são apresentados os aspectos regulatórios e tarifários que baseiam as análises comparativas realizadas nas seções seguintes.

2.1 Eficiência energética

A eficiência energética é um princípio essencial na administração de recursos energéticos, sendo definida como a relação entre a quantidade de energia útil produzida e a quantidade total de energia consumida para executar uma atividade específica ou fornecer um serviço (VIANA et al, 2021).

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2025), investir em eficiência energética é uma das maneiras mais rápidas de reduzir a demanda por energia, aliviar a pressão sobre os sistemas de geração e distribuição e promover a sustentabilidade ambiental.

2.1.1 Princípios Básicos da Eficiência Energética

A eficiência energética pode ser entendida como uma abordagem sistemática voltada à gestão do consumo de energia, na qual é fundamental analisar o comportamento energético do sistema, mapear e mensurar os fluxos de energia envolvidos e adotar medidas destinadas à mitigação de desperdícios. A partir dessa análise, torna-se possível definir prioridades, adequar o consumo às reais necessidades operacionais e garantir a evolução contínua do desempenho energético, por meio de um processo organizado que integra avaliação, implementação de melhorias e acompanhamento dos resultados. (VIANA et al., 2021).

2.1.2 Metodologias de Avaliação

A avaliação da eficiência energética em edificações envolve etapas como diagnóstico do consumo, identificação de oportunidades de melhoria, análise de viabilidade técnico-econômica das medidas propostas e posterior implementação e acompanhamento dos resultados (ELETROBRAS; PROCEL, 2015)..

1. Diagnóstico: Levantamento do consumo atual, identificação dos principais equipamentos consumidores e análise dos padrões de uso.
2. Identificação de Oportunidades: Detecção de ineficiências e proposição de medidas de melhoria.
3. Análise de Viabilidade: Avaliação técnica, econômica e ambiental das medidas propostas, incluindo cálculo de indicadores como tempo de retorno do investimento (*Payback*), taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL).
4. Implementação e Monitoramento: Execução das medidas selecionadas e acompanhamento contínuo dos resultados obtidos.

Neste trabalho, essas metodologias serão aplicadas especificamente ao contexto de um condomínio residencial, com foco nos sistemas de iluminação e motores elétricos, que representam parcelas significativas do consumo energético nesse tipo de edificação.

2.2 Métodos de diagnóstico

As crises do petróleo, especialmente a partir da década de 1970, evidenciaram a necessidade de políticas voltadas à conservação e ao uso eficiente da energia. Nesse contexto, o Brasil passou a estruturar políticas públicas focadas no uso mais eficiente dos recursos energéticos, resultando na criação de programas de eficiência energética reconhecidos nacional e internacionalmente, como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL e o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET (MME, 2011)

A auditoria energética, que se estabeleceu como um processo sistemático de diagnóstico e otimização do consumo de energia, servindo como uma ferramenta prática

fundamental para atingir esses objetivos, é um recurso indispensável no estudo da eficiência energética.(Viana et al. 2021)

2.3 Eficiência energética dos sistemas de iluminação

De acordo com a Eletrobras PROCEL (2019), a iluminação é responsável por aproximadamente 10% do consumo de energia elétrica no setor residencial. Mesmo que esse número pareça pequeno, ele representa uma parte considerável da demanda do sistema elétrico nacional, e por isso é importante procurar alternativas que aumentem a eficiência desse setor.

Quando se trata de eficiência energética em sistemas de iluminação, a substituição de lâmpadas por alternativas mais eficientes é uma das medidas mais frequentemente consideradas. Entretanto, outras ações igualmente relevantes podem ser implementadas, como aproveitamento da iluminação natural e o uso de sistemas automáticos de controle da iluminação, como sensores de presença, que permitem o acionamento e o ajuste da iluminação artificial de acordo com a ocupação dos ambientes (ELETROBRAS; PROCEL, 2015).

Neste trabalho, a análise concentra-se em duas ações principais: a substituição das lâmpadas por tecnologias mais eficientes e a instalação de dispositivos eletrônicos de controle, com ênfase no uso de sensores de presença.

Entre as alternativas tecnológicas disponíveis, as lâmpadas LED (Light Emitting Diode) destacam-se como uma opção vantajosa para a substituição de lâmpadas convencionais, em razão de sua elevada eficiência luminosa, longa vida útil, diversidade de temperaturas de cor e dimensões compactas (IEA, 2022). Dessa maneira as principais características das lâmpadas de led são:

- Longa vida útil;
- Ampla variedade de temperaturas de cor;
- Alta eficiência luminosa (lúmens por watt);
- Dimensões compactas;
- Elevada resistência a impactos e vibrações;
- Baixo custo de manutenção.

Adicionalmente, os contínuos avanços tecnológicos e as melhorias nos processos de fabricação têm elevado progressivamente a eficiência das lâmpadas LED, tornando-as cada vez mais acessíveis e com melhor desempenho.

2.3.1 Cálculo de eficiência energética em sistemas de iluminação

É preciso medir o consumo de energia e os custos para avaliar a viabilidade de adicionar sensores de presença. O custo pode ser obtido a partir da potência do equipamento, do tempo de uso e de fatores de correção, conforme apresentado na equação (1).

$$C = \frac{P * T * M * S}{1000} \quad (1)$$

onde C é o custo mensal da lâmpada (R\$), P é a potência da lâmpada (W), T é o tempo de uso diário (h), M é o número de dias do mês e S é a tarifa de energia elétrica (R\$/kWh).

Neste trabalho, considera-se um mês com duração média de 30 dias. A tarifa de energia elétrica adotada corresponde ao valor vigente para a classe de consumo analisada, conforme tabela tarifária da concessionária local. (ANNEL 2025), que não inclui bandeira tarifária nem os impostos a fim de simplificar os cálculos. Para a análise da economia financeira obtida com a adoção de sensores de presença, determina-se a diferença entre o custo mensal do sistema de iluminação sem os sensores de presença e o sistema com os sensores presença dado pela equação (2)

$$V = (C1 - C2)*N \quad (2)$$

onde V é o valor da economia de custos (R\$), que será utilizado como o fluxo de caixa para os cálculos futuros do sistema de iluminação, $C1$ é o custo das lâmpadas sem sensor de presença (R\$), $C2$ é o custo das lâmpadas com sensor de presença (R\$) e N é o número de lâmpadas.

Existem diversos sensores de presença no mercado, neste trabalho será escolhido o sensor de presença do tipo infravermelho, que é um dos mais comuns no mercado, devido ao preço, confiabilidade e praticidade.

2.4 Eficiência energética em motores elétricos

Os motores elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em movimento mecânico, e são cruciais para a operação de muitos processos industriais e prediais (WEG,

2012). De acordo com o tipo de alimentação, podem ser classificados em motores de corrente contínua (CC) e motores de corrente alternada (CA), cada um com suas particularidades e aplicações.(MAMEDE FILHO, 2018)

Os motores de corrente alternada são os mais utilizados na indústria devido ao seu bom rendimento e robustez. Eles se dividem em duas categorias principais: síncronos e de indução (assíncronos). Os motores síncronos mantêm uma relação constante entre a frequência da rede e a velocidade de rotação, sendo mais comuns em aplicações de grande potência. Os motores de indução, por sua vez, apresentam um pequeno escorregamento entre a velocidade do rotor e a do campo magnético, o que resulta em uma leve variação de velocidade conforme a carga aplicada. Sua simplicidade construtiva, facilidade de comando e baixa necessidade de manutenção explicam sua ampla adoção industrial (WEG, 2012).

Apesar dos avanços tecnológicos, é importante destacar que os motores elétricos possuem vida útil limitada e tendem a perder eficiência com o tempo de operação, o que resulta em aumento progressivo do consumo energético (Viana et al., 2021).

A substituição de motores convencionais por modelos de alto rendimento, embora demande investimento inicial, resulta em expressiva redução do consumo (SOUSA,2021). Para viabilizar essa troca, programas de *retrofitting* oferecidos por fabricantes são uma alternativa interessante, pois costumam conceder descontos na aquisição de novos motores em troca dos equipamentos antigos. (WEG,2012)

De acordo com MME, 2017 os motores elétricos devem possuir níveis mínimos de rendimento como pode ser observado na tabela 1. Os motores que podem vir a substituir os motores da instalação devem possuir rendimento superior ao descrito na tabela 1.

Tabela 1: Rendimentos nominais mínimos de motores elétricos

Potência Nominal		Velocidade Síncrona (rpm)			
kW	cv	3600	1800	1200	900
		2 Polos	4 Polos	6 Polos	8 Polos
		Rendimento Nominal			
0,12	0,16	62,0	66,0	64,0	59,5
0,18	0,25	65,6	69,5	67,5	64,0
0,25	0,33	69,5	73,4	69,0	68,0
0,37	0,50	73,4	78,2	75,3	72,0
0,55	0,75	76,8	79,0	79,5	74,0
0,75	1	80,5	83,5 ^a	82,5	75,5
1,1	1,5	84,0	86,5 ^b	87,5 ^c	78,5
1,5	2	85,5	86,5	88,5 ^d	84,0
2,2	3	86,5	89,5 ^e	89,5 ^f	85,5
3	4	88,5	89,5	89,5	86,5
3,7	5	88,5	89,5	89,5	86,5
4,4	6	88,5	89,5	89,5	86,5
5,5	7,5	89,5	91,7 ^g	91,0	86,5
7,5	10	90,2	91,7	91,0	89,5
9,2	12,5	91,0	92,4	91,7	89,5
11	15	91,0	92,4	91,7	89,5
15	20	91,0	93,0	91,7	90,2
18,5	25	91,7	93,6	93,0	90,2
22	30	91,7	93,6	93,0	91,7
30	40	92,4	94,1	94,1	91,7
37	50	93,0	94,5	94,1	92,4
45	60	93,6	95,0	94,5	92,4
55	75	93,6	95,4	94,5	93,6
75	100	94,1	95,4	95,0	93,6

Fonte: portaria Interministerial n.º 1, de 29 de junho de 2017 (MME)

2.4.1 Cálculo de eficiência energética em motores elétricos

Como este trabalho tem como objetivo avaliar a substituição de motores com baixo rendimento por motores com alto rendimento, considera-se a diferença no consumo de energia elétrica de cada motor e a relação entre a economia financeira obtida e o fluxo de caixa. O custo mensal de operação de um motor pode ser estimado a partir da potência nominal, do tempo de uso e da tarifa de energia elétrica, corrigido pelo rendimento do motor, conforme apresentado na equação equação (3), desenvolvida neste trabalho a partir das definições clássicas de consumo de energia elétrica.

$$C_m = \frac{P * T * M * S}{Ren} \quad (3)$$

onde P é a potência nominal do motor (kW), T é o tempo de uso diário (h), M é o número de dias do mês, S é a tarifa de energia elétrica (R\$/kWh), considerada igual a 0,71 R\$/kWh com base na tarifa homologada pela ANEEL (2025), que não inclui bandeira tarifária

nem os impostos a fim de simplificar os cálculos, e Ren é o rendimento do motor (adimensional).

O fluxo de caixa corresponde ao resultado econômico da substituição dos motores, sendo determinado pela diferença entre os custos de operação antes e após a substituição. A economia financeira mensal obtida pode ser calculada conforme a equação (4).

$$Fc = (C_{m1} - C_{m2}) \quad (4)$$

onde Fc é a economia financeira mensal (R\$), C_{m1} é o custo mensal de operação do motor de menor rendimento (R\$) e C_{m2} é o custo mensal de operação de maior rendimento (R\$).

Uma vez definida a economia financeira mensal obtida com a substituição dos motores, procede-se à avaliação do retorno econômico do investimento considerando o valor do dinheiro no tempo. Para isso, adota-se o método do *payback* descontado, no qual os fluxos de caixa são trazidos a valor presente por meio de uma taxa de desconto (K), representando o custo de oportunidade do capital. (Bruni e Famá, 2012)

O *payback* descontado corresponde ao menor período T para o qual o somatório dos fluxos de caixa descontados iguala ou supera o investimento inicial.

$$\sum_{t=1}^T \frac{FC}{(1+K)^t} \geq I \quad (5)$$

onde I é o investimento inicial (R\$), FC é o fluxo de caixa no período t (R\$), K é a taxa de desconto (adimensional) e t é o tempo de retorno descontado (meses).

A taxa real de desconto utilizada no cálculo do *payback* descontado foi obtida a partir da taxa nominal mensal da SELIC, de 1,17% ao mês, e da inflação mensal projetada pelo IPCA, de 0,3675% ao mês, de acordo com o Boletim Focus emitido pelo Banco Central em 2025. Dessa forma, a taxa real de desconto considerada neste trabalho foi de aproximadamente 0,80% ao mês.

2.5 Análise Tarifária

A composição da tarifa de energia elétrica no Brasil reflete custos ao longo de toda a cadeia produtiva: geração, transmissão, distribuição e encargos setoriais. Esses custos podem ser categorizados como não gerenciáveis, sobre os quais o consumidor possui pouco ou nenhum controle (como os custos de geração e transmissão), e gerenciáveis, que podem ser influenciados por decisões de consumo e contratação (como os custos na etapa de distribuição). (ANEEL, 2024)

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) atua como reguladora, estabelecendo valores que visam equilibrar a remuneração das concessionárias com a capacidade de pagamento dos consumidores.

Os consumidores são classificados em dois grupos principais, conforme o nível de tensão de atendimento de acordo com resolução normativa nº 1000 de 2021 da ANEEL

Grupo A – Consumidores atendidos em média ou alta tensão:

- Alta tensão (AT): Subgrupos A1 a A3 (69 kV a 230 kV)
- Média tensão (MT): Subgrupos A3 e A4 (2,3 kV a 69 kV)
- Subterrâneo (AS): Tensão inferior a 2,3 kV

Grupo B – Consumidores atendidos em baixa tensão (inferior a 2,3 kV):

- B1: Residencial
- B2: Rural
- B3: Comercial, industrial, serviço
- B4: Iluminação pública

Dentro dessa classificação, a tarifação considera ainda os horários de consumo, divididos em postos tarifários:

- Ponta: Geralmente entre 17h e 20h, período de maior demanda do sistema.
- Intermediário: Uma hora antes ou após o horário de ponta.
- Fora de ponta: Demais horas do dia.

Outro aspecto fundamental refere-se às modalidades tarifárias, que estabelecem os critérios de faturamento do consumo de energia elétrica e da demanda, de acordo com os Procedimentos

de Regulação Tarifária (PRORET) estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2015).

1. Convencional (Grupo B): Tarifa única por kWh, independente do horário.
2. Branca (Grupo B): Três faixas horárias com valores diferenciados (ponta, intermediária e fora de ponta).
3. Azul (Grupo A): Tarifas diferenciadas para consumo e demanda nos horários de ponta e fora de ponta.
4. Verde (Grupo A): Demanda única contratada e tarifas de consumo diferenciadas por horário.
5. Pré-pagamento: Compra antecipada de créditos de energia.
6. Geração: Aplicável a centrais geradoras, com demanda única.
7. Distribuição: Para concessionárias que utilizam energia de terceiros.

A medição do consumo é realizada em ciclos de 15 minutos, sendo a média mensal utilizada para faturamento. (ELETROBRAS; PROCEL, 2015).

Para o cálculo da demanda contratada de acordo com a ET-126, que abrange os condomínios residenciais, se deve somar as cargas para saber o valor da demanda total em KW dado os fatores de uniformidade especificados na norma.

2.5.1 Estrutura Tarifária Convencional

Esta modalidade, exclusiva do Grupo B, aplica-se a consumidores com potência igual ou inferior a 112,5 kVA, com exceções específicas para cooperativas rurais (até 1.125 kVA), estabelecimentos de hotelaria em áreas turísticas e instalações de iluminação esportiva onde a carga de iluminação represente pelo menos 2/3 da carga total instalada (ANEEL, 2021)

Nesta modalidade, não há cobrança por demanda contratada, apenas pelo consumo efetivo de energia (kWh), sendo o fornecimento realizado pela distribuidora local sem opção de escolha de fornecedor.

A tarifa aplicada aos consumidores do Grupo B é composta pela Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e pela Tarifa de Energia (TE), sendo esta última associada aos custos de geração de energia elétrica. O sistema de bandeiras tarifárias incide exclusivamente sobre a Tarifa de Energia, com o objetivo de sinalizar aos consumidores as variações nos custos variáveis da geração. (PROCEL, 2001).

2.5.2 Estrutura Tarifária Azul

A modalidade tarifária Azul é obrigatória para consumidores do Grupo A conectados em tensão igual ou superior a 69 kV, sendo opcional para tensões inferiores. Nessa modalidade, o consumidor contrata valores distintos de demanda para os períodos de ponta e fora de ponta. De acordo com o Manual de Tarifação do PROCEL (2001), é permitida, ainda, a contratação de demandas diferenciadas para os períodos seco e úmido.

A fatura de energia elétrica, na modalidade horo-sazonal, é composta pela soma dos custos referentes ao consumo de energia elétrica, à demanda contratada e às eventuais ultrapassagens de demanda. O custo associado exclusivamente ao consumo de energia elétrica nos períodos de ponta e fora de ponta pode ser determinado conforme a equação (8) de acordo com manual de Tarifação do PROCEL (2001).

$$C_{cons} = T_p \cdot E_p + T_{fp} \cdot E_{fp} \quad (6)$$

onde C_{cons} é o custo de consumo de energia elétrica (R\$), T_p é a tarifa de consumo no período de ponta (R\$/kWh), E_p é o consumo de energia no período de ponta (kWh), T_{fp} é a tarifa de consumo no período fora de ponta (R\$/kWh) e E_{fp} é o consumo de energia no período fora de ponta (kWh).

Ressalta-se que os valores das tarifas de consumo T_p e T_{fp} considerados neste trabalho incluem o acréscimo correspondente à bandeira tarifária vigente, aplicada exclusivamente sobre a Tarifa de Energia (TE), multiplicadas pelo tributo como pode ser visto na equação (7), neste trabalho serão considerados os valores de PIS (0,89%), COFINS (4,04%) e ICMS (25%), adotados com o objetivo de facilitar os cálculos. considerados como valores médios de referência, compatíveis com aqueles usualmente observados no setor elétrico brasileiro. Para calcular a tarifa com imposto será utilizado a equação (7) :

$$Tarifa\ impostos = \frac{Tarifa\ ANEEL}{1 - (\%PIS + \%COFINS + \%ICMS)} \quad (7)$$

Ressalta-se que, na prática, as alíquotas de PIS e COFINS podem variar conforme o regime tributário da empresa, enquanto o ICMS depende do estado e do tipo de consumidor. No entanto, para fins de análise comparativa, tais valores foram considerados constantes ao longo do estudo.

O custo referente à demanda contratada nos períodos de ponta e fora de ponta é determinado conforme a equação (8).

$$C_{dem} = T_{dp} \cdot D_p + T_{dfp} \cdot D_{fp} \quad (8)$$

onde C_{dem} é o custo de demanda (R\$), T_{dp} é a tarifa de demanda no período de ponta (R\$/kW) multiplicada pelos impostos definidos na equação (7), D_p é a demanda contratada no período de ponta (kW), T_{dfp} é a tarifa de demanda no período fora de ponta (R\$/kW) e D_{fp} é a demanda contratada no período fora de ponta (kW). Os valores das tarifas de demanda considerados neste documento incluem a incidência dos tributos, calculados a partir da tarifa base definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica, conforme metodologia apresentada na Equação (7).

Quando ocorre ultrapassagem dos valores de demanda contratada, é aplicada uma cobrança adicional ao consumidor. A definição dos valores de demanda contratada baseia-se na medição da potência demandada em intervalos de 15 minutos, correspondentes a um ciclo de medição. Para esse fim, considera-se a operação simultânea dos equipamentos consumidores, sendo obtido o valor máximo de demanda registrado no período de faturamento. Na modalidade tarifária Azul, devem ser estabelecidos valores distintos de demanda contratada para os períodos de ponta e fora de ponta. (ELETROBRAS; PROCEL; IBAM, 2002)

Ressalta-se que os custos associados à demanda são sempre calculados a partir do produto entre a demanda faturada e a respectiva tarifa de demanda, sendo a demanda faturada definida como o maior valor entre a demanda medida e a demanda contratada.

No presente trabalho, a análise refere-se à simulação de migração da modalidade tarifária do Grupo B para o Grupo A, na qual os valores de demanda contratada são previamente estimados com o objetivo de avaliar os custos de demanda nos períodos de ponta e fora de ponta.

Como se trata de um cenário simulado, os valores de demanda adotados não ultrapassam os valores de demanda contratada definidos, não sendo, portanto, aplicada a cobrança por ultrapassagem de demanda neste estudo.

2.5.3 Estrutura da tarifa verde

Na modalidade tarifária Verde, o consumidor contrata um único valor de demanda, válido para todos os horários do dia, enquanto as tarifas de consumo de energia elétrica permanecem diferenciadas para os períodos de ponta e fora de ponta. Assim como na modalidade Azul, a contratação da demanda pode considerar os períodos seco e úmido, conforme estabelecido no Manual de Tarifação do PROCEL (2001).

A composição da fatura de energia elétrica nessa modalidade segue a estrutura apresentada a seguir. O custo associado ao consumo de energia elétrica nos períodos de ponta e fora de ponta é determinado conforme a Equação (6), previamente apresentada na análise da tarifa horo-sazonal azul. O custo referente à demanda contratada, válida para todos os horários de operação, é calculado de acordo com a Equação (9) de acordo com o Manual de Tarifação do PROCEL (2001).

$$C_{dem} = T_d \cdot D \quad (9)$$

onde C_{dem} é o custo de demanda (R\$), T_d é a tarifa de demanda contratada (R\$/kW) e D é o valor da demanda contratada (kW).

Em comparação à tarifa horo-sazonal azul, a estrutura tarifária verde apresenta maior simplicidade operacional, uma vez que a cobrança de demanda é realizada por meio de um único valor contratado, válido para todos os horários do dia. Entretanto, a diferenciação horária das tarifas de consumo permanece, exigindo atenção ao perfil de utilização das cargas nos períodos de ponta e fora de ponta. Dessa forma, a escolha pela modalidade tarifária verde deve considerar a distribuição temporal do consumo, de modo a evitar custos adicionais decorrentes de consumo elevado no período de ponta ou de uma demanda contratada inadequada.

2.5.4 Bandeiras Tarifárias

Implementado em 2015, o sistema de bandeiras tarifárias tem como objetivo sinalizar ao consumidor os custos adicionais de geração de energia, os quais antes já eram incluídos na

conta, mas de forma não transparente. As bandeiras refletem as condições hidrológicas e os custos operacionais do sistema, como pode ser observado na tabela 2

Tabela 2: Bandeiras tarifárias

BANDEIRAS	CONDIÇÃO	VALOR ACRESCIDO (R\$ por kWh)
VERDE	FAVORÁVEL	0
AMARELA	INTERMEDIÁRIA	0,01885
VERMELHA 1	CUSTOSO	0,04463
VERMELHA 2	ALTO CUSTO	0,07877

Fonte : Autoria própria

De acordo com a resolução normativa ANEEL N° 1000, de 7 de dezembro de 2021:

- A tarifa aplicada sobre a fatura de energia do consumidor, utiliza uma proporcionalidade que é de acordo com os dias de cada bandeira vigente.
- A aplicação da bandeira tarifária vem no mês seguinte à divulgação.
- Para subclasses residencial baixa renda e para redução nas tarifas de irrigação e de aquicultura os valores tarifários não valem.

3. ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo de caso desenvolvido neste trabalho, no qual é realizada a caracterização da instalação elétrica de um condomínio residencial e a aplicação prática dos conceitos de auditoria energética discutidos nos capítulos anteriores. São analisados os sistemas consumidores de energia elétrica, os dados de consumo e as alternativas de melhoria relacionadas à eficiência energética, com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas.

3.1 Apresentação da instalação

O condomínio objeto deste estudo está localizado na Avenida Central, nº 184, bairro Jurema, no município de Caucaia, denominado Conquista Jurema, com aproximadamente oito anos de fundação. O empreendimento é composto por 38 blocos residenciais, cada um com quatro pavimentos e quatro apartamentos por pavimento, totalizando 608 unidades habitacionais, além de áreas comuns como salão de festas, guarita, piscina, administração, sala de máquinas e dois elevadores, instalados nos blocos 37 e 38.

A coleta de dados para a auditoria energética foi realizada com a autorização da síndica e com o acompanhamento do técnico eletricitista responsável pela instalação elétrica, contemplando a análise dos motores elétricos, do sistema de iluminação das áreas comuns e das faturas de energia elétrica do condomínio.

Ressalta-se que a planta arquitetônica do condomínio não foi disponibilizada pela administração. Em função da recente fundação do empreendimento, não foram encontradas plantas baixas ou imagens em plataformas públicas, como Google Maps ou Google Earth, nem no site da construtora. Assim, ao longo deste trabalho são apresentadas imagens ilustrativas que permitem uma visualização geral do condomínio e de suas principais áreas comuns.

A Figura 1 apresenta a área da piscina do condomínio, considerada na auditoria energética por envolver sistemas de iluminação e de bombeamento associados ao uso coletivo.

Figura 1: Foto da área da piscina



Fonte: site victa engenharia

A Figura 2 ilustra uma das vias internas do condomínio, que mostra uma parte da disposição dos blocos residenciais e a infraestrutura do empreendimento.

Figura 2: Foto de uma rua do condomínio



Fonte: site victa engenharia

3.1.1 Sistema de iluminação

O sistema de iluminação do condomínio é dividido em dois subsistemas: iluminação interna, composta por lâmpadas LED instaladas nos blocos residenciais, e iluminação externa, constituída por luminárias LED instaladas em postes nas áreas comuns.

A iluminação interna é composta por 8 lâmpadas LED de 6,5 W por bloco, totalizando 304 lâmpadas. As luminárias possuem cúpulas de vidro, conforme ilustrado na Figura 3, que auxiliam na difusão e distribuição do fluxo luminoso nos corredores internos.

Embora existam sensores de presença instalados em escadas e em alguns halls a partir do primeiro pavimento, não foi possível identificar com precisão quais blocos e andares dispõem desses dispositivos. Assim, adotou-se neste estudo a hipótese conservadora de inexistência de sensores, considerando a instalação dos mesmos desde o pavimento térreo em todos os blocos.

A iluminação externa é composta por 78 luminárias, conforme apresentado na figura 5. Como não foi possível identificar suas especificações técnicas, adotou-se, para fins de análise, o *datasheet* de uma luminária com características semelhantes em termos de formato, dimensões e potência, apresentado nos anexos deste trabalho.

A Figura 3 apresenta o sistema de iluminação do pavimento térreo do Bloco 25, evidenciando a disposição das luminárias nos corredores de circulação interna.

Figura 3 : Lâmpadas térreo bloco 25



Fonte autoria própria

A Figura 4 mostra o modelo de lâmpada LED utilizado nos blocos residenciais do condomínio, cuja potência nominal e características técnicas foram consideradas nos cálculos de consumo de energia elétrica do sistema de iluminação interna.

Figura 4: Lâmpada utilizada nos blocos



Fonte: autoria própria

A figura 5 ilustra o sistema de iluminação externa empregado nas áreas de circulação de pedestres e veículos do condomínio, composto por luminárias instaladas em postes, cuja operação contínua influencia significativamente o consumo de energia elétrica das áreas comuns.

Figura 5: Lâmpadas externas (áreas de passagem de pessoas e carros)



Fonte: autoria própria

3.1.2 Motores da instalação

A instalação dispõe de oito motores elétricos, sendo quatro destinados ao sistema de recalque, responsáveis pelo bombeamento de água da caixa do condomínio para os apartamentos, dois utilizados no sistema das piscinas (adulto e infantil) e dois associados aos elevadores, instalados nos blocos 37 e 38, um por bloco.

O sistema de recalque é acionado por inversor de frequência, o que possibilita a variação contínua da velocidade dos motores conforme a demanda hidráulica. Dessa forma, os motores não operam permanentemente em potência nominal, apresentando valores médios inferiores à potência de placa. Para a estimativa do consumo energético, adotou-se uma potência elétrica média equivalente e um tempo diário de funcionamento de 18 horas, correspondente à soma dos períodos efetivos de operação do sistema.

Os motores das piscinas possuem potência de 1/3 cv, tanto para a piscina adulta quanto para a infantil. Como o rendimento não é informado na placa, foi adotado o valor de 69,5%, conforme a Tabela 1, correspondente a motores de dois pólos. Segundo informações do eletricitista responsável, esses motores operam praticamente todos os dias da semana por cerca

de 12 horas, exceto às terças-feiras, quando é realizada a limpeza das piscinas, e possuem aproximadamente nove anos de operação.

Os motores dos elevadores não foram considerados na análise de substituição, uma vez que apresentaram baixa participação no consumo energético total. Essa condição é evidenciada pela comparação entre as faturas de energia dos blocos com e sem elevador, observando-se um acréscimo médio de aproximadamente R\$120,00 mensais nos blocos equipados com esse sistema.

Esse valor corresponde a um consumo adicional de cerca de 130 kWh/mês, baseado nos dados de consumo da conta de energia do condomínio. O elevador é acionado por um motor de 5 cv ($\approx 3,68$ kW mecânicos), que, devido ao regime intermitente e ao baixo fator de carga característico desse tipo de aplicação (ATLAS SCHINDLER, 1999), não opera continuamente em potência nominal. Assim, para elevadores de pequeno porte atendendo três pavimentos, adotou-se uma potência elétrica média de operação da ordem de 2,0 kW, correspondente a aproximadamente 2 h/dia.

Conforme informado pelo eletricitista da instalação, os motores dos elevadores são da marca WEG e atendem aos níveis mínimos de rendimento estabelecidos na Tabela 1, de acordo com os catálogos do fabricante (WEG, 2012), não sendo necessária a avaliação de sua substituição.

A figura 6 apresenta os dados de placa dos motores de recalque do condomínio, contendo informações como potência nominal, tensão de operação, rendimento e fator de potência, utilizadas para o levantamento das características elétricas e para os cálculos de consumo de energia.

Figura 6: Dados de placa dos motores de recalque



Fonte: autoria própria

A figura 7 ilustra os motores de recalque instalados no condomínio, evidenciando a disposição física dos equipamentos, conexões hidráulicas e condições de instalação, aspectos relevantes para a análise operacional e energética do sistema.

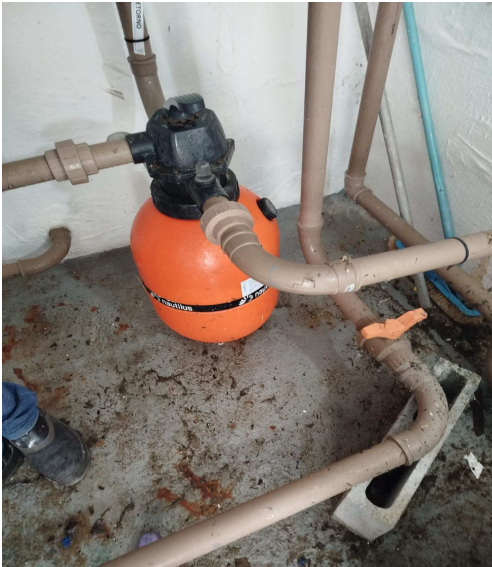
Figura 7 : Motores de recalque



Fonte: autoria próprio

A figura 10 apresenta o filtro da piscina de menor porte, utilizado em conjunto com o respectivo sistema de bombeamento, sendo considerado na análise do consumo energético e das possibilidades de melhoria de eficiência do sistema.

Figura 9: Filtro da piscina pequena



Fonte: autoria própria

3.1.3 Tipo de tarifação

O condomínio enquadra-se no Grupo B1 – residencial, com fornecimento trifásico, sendo o faturamento de energia elétrica dividido entre as 38 unidades residenciais e a unidade consumidora referente às áreas comuns, que compreendem salão de festas, guarita, administração, casa de bombas e iluminação externa.

Para a caracterização do perfil de consumo, foram analisadas as faturas de energia elétrica correspondentes aos últimos 11 meses. Como forma de exemplificar a estrutura tarifária e as informações constantes nas faturas, é apresentada, a seguir, uma conta representativa do mês de setembro.

A Figura 10 apresenta um exemplo de fatura de energia elétrica referente à iluminação do hall do Bloco 36, evidenciando o enquadramento da unidade consumidora no Grupo B1 – residencial, bem como as principais informações utilizadas para a análise tarifária desenvolvida neste trabalho.

Figura 10: Iluminação hall bloco 36

DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA

CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA		TIPO DE FORNECIMENTO
B1 RESIDENCIAL - Residencial - CA215U25 - 30850 - 6226299 - ELE - 626		Monofásico
CONDOMÍNIO CONQUISTA JUREMA AV CENTRAL DO ARATURI, 184, HALL BL 36 ARATURI, CAUCAIA, CE		INSTALAÇÃO / UNID. CONSUMIDORA 10273595
		Nº DO CLIENTE 10273595
MÊS/ANO DE REFERÊNCIA	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
08/2025	15/09/2025	R\$ 48,37

Fonte: livro de faturamento de energia Conquista Jurema

3.2 Auditoria energética

Nesta etapa do trabalho, são avaliadas as principais características da instalação elétrica do Condomínio Conquista Jurema, localizado em Caucaia-CE, com foco na aplicação de sensores de presença no sistema de iluminação, na substituição de motores elétricos e na análise de mudança da modalidade tarifária, visando à redução do consumo e dos custos com energia elétrica. Para a realização das análises, são utilizadas as formulações apresentadas no Tópico 2, destinadas ao cálculo do consumo de energia, da demanda e do tempo de retorno do investimento.

3.2.1 Avaliação dos motores elétricos

Conforme apresentado no Tópico 3.1 deste documento, os motores elétricos de recalque atualmente instalados possuem potência nominal de 7,5 HP, aproximadamente 9 anos de operação e rendimento mínimo de 89,6%, conforme indicado na Tabela 1. Para a substituição, foi selecionado o modelo 112M da linha Super Premium da WEG, o qual apresenta rendimento nominal de 90,5% a plena carga, conforme especificações técnicas apresentadas na Figura 11.

Figura 11: Tabela dos modelos da linha super premium WEG

Potência (cv)	2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
	Carcaça	Rendimento a plena carga (%)	Carcaça	Rendimento a plena carga (%)	Carcaça	Rendimento a plena carga (%)	Carcaça	Rendimento a plena carga (%)
1	71	82,5	L80	84,5	L90S	84	100L	78,7
1,5	80	86	L90S	87,5	L100L	88,2	100L	81,6
2	L80	87	L90S	87,5	L100L	87,3	112M	85,9
3	90L	87,7	100L	90,3	L100L	87,8	132M	87,4
4	100L	89,5	L100L	90,3	L132S	90,6	160M	88,3
5	100L	90	112M	90,3	L132S	90,6	160M	88,3
6	112M	90	L112M	90,5	132M	90,6	160M	88,3
7,5	112M	90,5	132S	92	160M	91,8	160M	88,4
10	132S	91,6	L132S	92,7	160M	91,8	160L	90,9
12,5	132M	92	132M/L	93,1	160M	92,4	180M	91
15	L132M	92	L132M/L	93,1	160M	92,5	180L	91,3

Fonte: catálogo de motores elétricos WEG,2022

Os motores de recalque selecionados apresentam valor comercial unitário entre R\$4.800,00 e R\$5.000,00. Considerando a substituição de quatro motores, o investimento inicial é da ordem de R\$20.000,00. De acordo com o plano de troca de motores da WEG, aplica-se um percentual de retrofit entre 8% e 12%; neste estudo, adotou-se o valor de 8%, resultando em um desconto de R\$1.600,00. Assim, o investimento total estimado para os motores de recalque é de R\$18.400,00.

Os motores do sistema da piscina atualmente instalados possuem potência de 1/3 CV e rendimento aproximado de 69,5%, conforme apresentado na Tabela 1. Para a substituição, foram selecionados motores de alto rendimento da linha Jet Pump, da WEG, com rendimento aproximado de 88%. Considerando o valor unitário de R\$600,00 e um percentual de retrofit de 8%, o investimento estimado para os dois motores da piscina é de R\$1.104,00.

A Tabela 3 apresenta o orçamento consolidado para a substituição dos motores existentes por modelos de alto rendimento, contemplando os motores de recalque e de piscina, totalizando um investimento estimado de R\$ 19.504,00

Tabela 3 : Orçamento dos motores de alto rendimento

CUSTO - MOTORES DE ALTO RENDIMENTO					
Função	Potência (HP)	Quantidade	Valor inicial (R\$)	Retrofit (R\$)	Valor final (R\$)
Recalque	7,5	4	20.000,00	1.600,00	18.400,00
Piscina	1/3	2	1.200,00	96	1.104,00
Total	—	—	—	—	19.504,00

Fonte: autoria própria

O custo de energia elétrica dos motores foi determinado com base na Equação (3), apresentada no Tópico 2.4.1, a qual relaciona a potência do equipamento, o tempo de operação, o número de dias de funcionamento e o rendimento do motor. A partir dessa formulação, foram calculados os consumos correspondentes aos motores existentes e aos motores de alto rendimento, conforme apresentado a seguir.

Para calcular o custo dos motores de recalque de baixo rendimento ou motor antigo da instalação, de acordo :

$$C_{m1} = \frac{5,587 * 18 * 30 * 0,71}{0,895} = 2393,358 * 4 = R\$ 9573,433$$

Para calcular o custo dos motores de recalque de alto rendimento ou novo motor da instalação, de acordo :

$$C_{m2} = \frac{5,587 * 18 * 30 * 0,71}{0,905} = 2366,912 * 4 = R\$ 9467,649$$

Para calcular o custo dos motores das piscinas se utiliza a equação (3), conforme :

- Motores das piscinas

$$C_{m1} = \frac{0,248 * 12 * 30 * 0,71}{0,695} = 91,206 * 2 = R\$ 182,413$$

$$C_{m2} = \frac{0,248 * 12 * 30 * 0,71}{0,78} = 81,267 * 2 = R\$ 162,534$$

O valor total de consumo é obtido se somando os motores da instalação de tal maneira que :

- Valor total dos custos

$$C_{m1} = \text{motor de recalque} + \text{motor de piscina} = R\$ 9755,846$$

$$C_{m2} = \text{motor de recalque} + \text{motor de piscina} = R\$ 9630,183$$

O valor economizado com a substituição dos motores é determinado por meio da Equação (4), obtida pela diferença entre os custos de operação dos motores de baixo rendimento e dos motores de alto rendimento, conforme:

- Valor economizado

$$Fc = (9755,846 - 9630,183) = R\$ 125,663$$

- Tempo de retorno do investimento

Utilizando a Equação (5) para a determinação do tempo de retorno do investimento, tem-se que o payback descontado é obtido quando o somatório dos fluxos de caixa descontados ao longo do tempo iguala ou supera o investimento inicial, conforme:

$$\sum_{t=1}^T \frac{FC}{(1+K)^t} \geq I$$

No entanto, para a taxa de desconto adotada, correspondente à taxa de oportunidade do capital, verifica-se que o valor presente dos fluxos de caixa, mesmo considerando um horizonte de análise infinito, não é suficiente para igualar o investimento inicial. Dessa forma, conclui-se que o investimento não apresenta payback descontado, uma vez que os fluxos de caixa não são capazes de zerar o Valor Presente Líquido (VPL).

$$VP_{\infty} = \frac{FC}{K} = \frac{125,663}{0,008} = R\$ 15707,88$$

Assim, ao se considerar o valor do dinheiro no tempo e uma taxa de desconto alinhada à taxa SELIC, observa-se que a substituição de motores de baixa eficiência por motores de maior eficiência não se mostra economicamente viável sob a ótica da análise financeira adotada. Esse comportamento se mantém independentemente do horizonte temporal considerado.

Ressalta-se que esse resultado é consistente também para as demais alternativas analisadas, como a substituição isolada de motores de recalque e de piscina, bem como a substituição simultânea de ambos, as quais representam os menores volumes de investimento avaliados. Ainda assim, nenhuma dessas configurações apresentou viabilidade econômica segundo o critério do payback descontado

3.2.2 Avaliação do sistema de iluminação

A instalação já dispõe de 304 lâmpadas LED, caracterizadas por elevada eficiência luminosa. Como medida complementar de eficiência energética, avalia-se a implantação de sensores de presença nas áreas internas dos blocos, visando à redução do consumo de energia elétrica.

Considerando um fluxo moderado de pessoas, estima-se entre 250 e 350 acionamentos diários, sendo escolhido o valor de 250 acionamentos, com tempo de permanência da

iluminação ajustado para 30 segundos por ativação, valor compatível com o tempo médio de circulação nos halls. O intervalo de 250 a 350 acionamentos diários foi definido a partir de uma análise de ordem de grandeza do padrão de circulação nas áreas comuns da edificação.

Considerando uma média de aproximadamente 10 a 15 acionamentos por hora ao longo do dia, obtém-se um total diário compatível com o intervalo adotado, enquanto valores significativamente superiores implicaram frequências incompatíveis com o perfil típico de edificações residenciais multifamiliares.

O custo unitário dos sensores foi estimado em R\$30,00, adotando-se a instalação de 1 sensor por pavimento e um na escada, totalizando 7 por bloco, totalizando R\$7980,00 em equipamentos. A esse valor somou-se o custo de mão de obra, resultando em um investimento total de aproximadamente R\$13.300,00.

A Tabela 4 apresenta a estimativa de custos associados à implantação dos sensores de presença, contemplando a quantidade de equipamentos, o valor unitário dos sensores, o custo por ponto instalado e o investimento total necessário para a implementação da medida de eficiência energética analisada.

Tabela 4: Orçamento sensores de presença

TABELA SENSORES DE PRESENÇA			
TIPO	QUANTIDADE	VALOR (R\$)	VALOR FINAL (R\$)
sensor de presença	266	30	7980
mão de obra	266	20	5320
TOTAL			13300

Fonte: autoria própria

De acordo com a equação (1), o custo de energia elétrica em reais, de uma lâmpada sem sensor de presença, individualmente (C_1), é dado por:

$$C_1 = \frac{6,5 * 12 * 30 * 0,71}{1000} = R\$ 1,6614$$

De acordo com a equação (1), o custo de energia elétrica em reais, de uma lâmpada com sensor de presença, individualmente (C_2), é dado por:

$$C_2 = \frac{6,5 * 2,09 * 30 * 0,71}{1000} = R\$ 0,289$$

O valor economizado em reais, decorrente da utilização do sensor de presença, é obtido pela diferença entre os custos de energia elétrica com e sem o sistema de controle, conforme expresso na Equação (2)

$$V = (1,6614 - 0,289) * 266 = 365,0584 \text{ R\$}$$

O tempo de retorno do investimento na implantação dos sensores de presença é avaliado por meio do método do *payback*, apresentado na Equação (5), que relaciona o investimento inicial à economia financeira gerada ao longo do tempo.

- Tempo de retorno

$$\sum_{t=1}^T \frac{FC}{(1+K)^t} \geq I = 3,4 \text{ anos}$$

A Tabela 5 apresenta a análise do tempo de retorno do investimento do sistema de iluminação, calculado pelo método do *payback* descontado em base anual, considerando o fluxo de caixa nominal, o fluxo de caixa atualizado a valor presente e o acumulado descontado ao longo dos anos.

Tabela 5: Tempo de retorno do sistema de iluminação

PAYBACK DESCONTADO – Sistema de iluminação			
Ano	Fluxo nominal (R\$)	Fluxo descontado (R\$)	Acumulado descontado (R\$)
0	-R\$ 13.300,00	-R\$ 13.300,00	-R\$ 13.300,00
1	R\$ 4.380,70	R\$ 3.981,23	-R\$ 9.318,77
2	R\$ 4.380,70	R\$ 3.618,19	-R\$ 5.700,59
3	R\$ 4.380,70	R\$ 3.288,25	-R\$ 2.412,34
4	R\$ 4.380,70	R\$ 2.988,40	R\$ 576,06

Fonte : autoria própria

A partir dos resultados apresentados na Tabela 5, observa-se que o fluxo de caixa descontado acumulado torna-se positivo a partir do quarto ano, caracterizando esse período como o tempo de retorno do investimento do sistema de iluminação. Dessa forma, o tempo de retorno do investimento é considerado aceitável, uma vez que a vida útil dos sensores de movimento varia entre 5 e 10 anos, valores estes estabelecidos com base em pesquisas realizadas em fontes disponíveis na internet.

3.2.3 Mudança tarifário

O Condomínio se encontra no grupo B1 de iluminação com mais de 40 medidores instalados, de forma que será avaliado a mudança para o grupo A, com um único medidor, em análise a hora-sazonal azul e a hora sazonal verde em comparação com a tarifa convencional que a instalação já se encontra. Será discriminado na tarifa convencional a bandeira tarifária vigente naquele mês analisado, foram analisados os últimos 11 meses, uma vez que ainda não foi disponibilizado a conta de energia elétrica de dezembro. Na tabela 6 será disponibilizado um resumo das principais cargas das instalações

Tabela 6: Cargas do condomínio

CARGAS DO CONDOMÍNIO					
CARGAS	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	POTÊNCIA TOTAL (kW)	PERÍODO DE ATIVIDADE	CONSUMO MENSAL (kWh)
Iluminação interna	304	6,5	1,976	18:00 às 06:00 (12 h/dia)	711,36
Iluminação externa	78	52	4,056	18:00 às 06:00 (12 h/dia)	1.460,16
Motor de recalque (alternado – média 1,7 motores ligados)	1,7	5.587,50	9,49875	05:00 às 00:00 (~18 h/dia)	5.129,33
Motor da piscina	2	244,75	0,4895	06:00 às 18:00 (12 h/dia)	176,22
Motor do elevador	2	3.680	7,35	2 h/dia (equivalente)	441
Guarita – ar-condicionado	1	1.400,00	1,4	12 h/dia	504,00
Guarita – CFTV/roteador	1	150	0,15	24 h/dia	108,00
Guarita – iluminação	1	100	0,1	12 h/dia	36,00
Administração – ar-condicionado	1	1.300	1,3	8 h/dia (22 dias/mês)	228,80
Administração – computadores/impressora	1	200	0,2	8 h/dia (22 dias/mês)	35,20
Administração – iluminação	1	200	0,2	8 h/dia (22 dias/mês)	35,20
Salão – freezer/geladeira (1 unid.)	1	200	0,2	24 h/dia	144
Salão – ventiladores	4	100	0,4	6 h/dia (8 dias/mês)	19,2
Salão – iluminação	1	300	0,3	6 h/dia (8 dias/mês)	14,4
TOTAL					9.042,87

Fonte : autoria própria

Com base na tabela de cargas do condomínio, a potência instalada totalizou aproximadamente 35,8 kW. Para a estimativa da demanda máxima provável, foram aplicados os fatores de demanda e de simultaneidade estabelecidos na Especificação Técnica ET-126 da ENEL, a qual define critérios para a determinação da demanda aparente da instalação.

Adotou-se o fator 0,35 para a iluminação das áreas comuns e 0,80 para os elevadores, conforme indicado na referida especificação. Para o sistema de recalque, considerando a operação alternada com ocorrência frequente de dois motores em paralelo, a demanda foi estimada a partir do pico correspondente à operação simultânea de dois motores. A demanda dos aparelhos de ar-condicionado foi calculada com base nos fatores da ET-126 para

equipamentos do tipo janela/split, adotando-se o fator 0,80 para o número de aparelhos considerados.

A aplicação desses critérios resultou em uma demanda aparente estimada da ordem de 25 kW. Para as análises subsequentes, adotou-se uma demanda de 30 kW, correspondente à aplicação de uma margem de segurança de aproximadamente 20%, a fim de contemplar variações operacionais que não foram analisadas e possíveis expansões futuras da carga instalada. Como os valores analisados advêm de uma tarifa do Grupo B, na qual não há medição, por parte da concessionária, dos valores de potência reativa, serão considerados apenas os valores de potência ativa da instalação.

3.2.3.1 Tarifa grupo B- convencional

Nesta simulação, considerou-se o consumo mensal de energia elétrica da unidade consumidora ao longo de onze meses consecutivos, aplicando-se a tarifa convencional do Grupo B vigente em cada período analisado. Para cada mês, foram utilizados o valor da tarifa de energia elétrica correspondente, já acrescida da bandeira tarifária e dos tributos incidentes, bem como o consumo mensal registrado, permitindo a obtenção do valor final da fatura de energia elétrica como pode ser observado na tabela 7.

Tabela 7: Tarifa atual - grupo B

GRUPO B- CONVENCIONAL			
Mês	Tarifa (R\$/kWh)	Consumo (kWh)	Valor final (R\$)
Janeiro	0,95752	9.660,92	9250,52
Fevereiro	0,96	9.354,48	8.980,30
Março	0,92148	9.887,08	9.110,75
Abril	0,92989	10.130,88	9.420,60
Maio	0,97452	10.036,12	9.780,40
Junho	0,98881	10.164,59	10.050,85
Julho	0,98881	10.234,83	10.120,30
Agosto	1,03475	9.529,74	9.860,90
Setembro	1,03475	9.219,71	9.540,10
Outubro	0,98881	9.334,91	9.230,45
Novembro	0,98881	9.569,79	9.462,70

Fonte: autoria própria

Destaca-se que, mesmo em meses com consumos relativamente próximos, são observadas diferenças significativas no valor final da fatura, evidenciando a influência do componente tarifário sobre o custo total da energia elétrica. Esse comportamento reforça a importância da análise conjunta entre consumo e estrutura tarifária na avaliação dos custos associados ao fornecimento de energia elétrica para unidades consumidoras enquadradas no Grupo B.

Os resultados apresentados nesta seção servem como base para as análises comparativas desenvolvidas nas seções subsequentes, nas quais são avaliados cenários alternativos de tarifação .

3.2.3.2 Tarifa grupo A- hora sazonal verde

Neste tipo de modalidade a tarifa de demanda é única, não tendo postos tarifários, já o consumo possui uma tarifa para ponta e fora de ponta. O consumo mensal total foi mantido conforme consta na tabela 7 para cada mês , sendo redistribuído entre os períodos de ponta e fora de ponta em 15% e 85%, respectivamente. As tarifas adotadas já contemplam os encargos e adicionais vigentes, incluindo bandeiras tarifárias

O valor associado ao consumo de energia elétrica no período de ponta é determinado conforme a equação (6). Considerando o intervalo de ponta compreendido entre **17h00 e 20h00**, os valores correspondentes são calculados da seguinte forma:

- Valor consumido no horário de ponta (17:00 às 20:00):

$$V_{p_{janeiro}} = 2,19119 * 9.660,92 * 0,15 = 3.175,34 \text{ R\$}$$

$$V_{p_{fevereiro}} = \text{R\$ } 3.074,62$$

$$V_{p_{março}} = \text{R\$ } 3.249,67$$

$$V_{p_{abril}} = \text{R\$ } 3.329,80$$

$$V_{p_{maio}} = \text{R\$ } 3.339,17$$

$$V_{p_{junho}} = \text{R\$ } 3.438,00$$

$$V_{p_{julho}} = \text{R\$ } 3.461,76$$

$$V_{p_{agosto}} = R\$ 3.292,92$$

$$V_{p_{setembro}} = R\$ 3.185,79$$

$$V_{p_{outubro}} = R\$ 3.157,38$$

$$V_{p_{novembro}} = R\$ 3.236,82$$

O valor associado ao consumo de energia elétrica no período fora de ponta é determinado conforme a equação (6). Os valores correspondentes são calculados da seguinte forma:

- Valor consumido no horário fora de ponta :

$$V_{fjp_{janeiro}} = 0,45806 * 9.660,92 * 0,85 = R\$ 3.777,42$$

$$V_{fjp_{fevereiro}} = R\$ 3.657,60$$

$$V_{fjp_{março}} = R\$ 3.865,85$$

$$V_{fjp_{abril}} = R\$ 3.961,17$$

$$V_{fjp_{maio}} = R\$ 4.094,74$$

$$V_{fjp_{junho}} = R\$ 4.492,75$$

$$V_{fjp_{julho}} = R\$ 4.523,79$$

$$V_{fjp_{agosto}} = R\$ 4.620,97$$

$$V_{fjp_{setembro}} = R\$ 4.470,63$$

$$V_{fjp_{outubro}} = R\$ 4.139,92$$

$$V_{fjp_{novembro}} = R\$ 4.244,08$$

O valor associado à demanda única de energia para essa modalidade pode ser calculado a partir da equação (9). O valor correspondente é calculado da seguinte forma :

- Valor de demanda única :

$$V_d = 30 * 31,54 = R\$ 946,80$$

A Tabela 8 apresenta os valores calculados para o consumo de energia elétrica nos períodos de ponta e fora de ponta, bem como o custo associado à demanda contratada na modalidade horo-sazonal verde. De modo que para demanda o montante faturado é correspondente ao valor previamente estipulado no contrato de demanda.

Tabela 8: Hora sazonal verde

GRUPO A - HORA SAZONAL VERDE						
Mês	Tarifa FP (R\$/kWh)	Tarifa P (R\$/kWh)	Valor FP (R\$)	Valor P (R\$)	Demanda (R\$)	Valor final (R\$)
Janeiro	0,46	2,19119	3.777,42	3.175,34	946,20	7.898,96
Fevereiro	0,46	2,19119	3.657,60	3.074,62	946,20	7.678,42
Março	0,46	2,19119	3.865,85	3.249,67	946,20	8.061,72
Abril	0,46	2,19119	3.961,17	3.329,80	946,20	8.237,17
Maio	0,48	2,2181	4.094,74	3.339,17	946,20	8.380,11
Junho	0,52	2,25489	4.492,75	3.438,00	946,20	8.876,95
Julho	0,52	2,25489	4.523,79	3.461,76	946,20	8.931,75
Agosto	0,57047	2,30361	4.620,97	3.292,92	946,20	8.860,09
Setembro	0,57047	2,30361	4.470,63	3.185,79	946,20	8.602,62
Outubro	0,52175	2,25489	4.139,92	3.157,38	946,20	8.243,50
Novembro	0,52175	2,25489	4.244,08	3.236,82	946,20	8.427,10

Fonte : autoria própria

Observa-se que o custo associado à demanda permanece constante ao longo dos meses analisados, enquanto as variações no valor final da fatura decorrem principalmente das alterações nas tarifas de consumo e da distribuição do consumo entre os períodos de ponta e fora de ponta.

3.2.3.3 Tarifa grupo A- hora sazonal azul

Nessa modalidade tarifária, tanto a tarifa de demanda quanto a tarifa de consumo de energia elétrica são diferenciadas para os períodos de ponta e fora de ponta. O consumo mensal total foi mantido conforme consta na tabela 7 para cada mês. Considerando que a demanda possui dois postos tarifários nessa modalidade, adotou-se, para fins de simulação, o mesmo valor de demanda contratada de 30 kW para os períodos de ponta e fora de ponta. Com base nos dados apresentados na Tabela 9, considera-se que aproximadamente 15% do

consumo total de energia elétrica ocorre no período de ponta, enquanto **85%** corresponde ao consumo no período fora de ponta.

As tarifas de consumo e de demanda aplicáveis a cada período, bem como os respectivos valores utilizados nos cálculos, são aqueles estabelecidos na Resolução Homologatória nº 3.445, de 2025, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), vigente para a área de concessão analisada.

O valor associado ao consumo de energia elétrica no período de ponta é determinado conforme a equação (6). Considerando o intervalo de ponta compreendido entre **17h00 e 20h00**, os valores correspondentes são calculados da seguinte forma:

- Valor consumido no horário de ponta (17:00 às 20:00):

$$V_{p_{\text{janeiro}}} = 0,65781 * 9660,92 * 0,15 = R\$ 953,26$$

$$V_{p_{\text{fevereiro}}} = R\$ 923,03$$

$$V_{p_{\text{março}}} = R\$ 975,58$$

$$V_{p_{\text{abril}}} = R\$ 999,63$$

$$V_{p_{\text{maio}}} = R\$ 1.030,78$$

$$V_{p_{\text{junho}}} = R\$ 1.107,68$$

$$V_{p_{\text{julho}}} = R\$ 1115,30$$

$$V_{p_{\text{agosto}}} = R\$ 1101,01$$

$$V_{p_{\text{setembro}}} = R\$ 1065,19$$

$$V_{p_{\text{outubro}}} = R\$ 1010,28$$

$$V_{p_{\text{novembro}}} = R\$ 1035,70$$

O valor associado ao consumo de energia elétrica no período fora de ponta é determinado conforme a equação (6). Os valores correspondentes são calculados da seguinte forma:

- Valor consumido no horário fora de ponta :

$$V_{fp_{janeiro}} = 0,45806 * 9.660,92 * 0,85 = 3761,46 \text{ R\$}$$

$$V_{fp_{fevereiro}} = \text{R\$ } 3.657,60$$

$$V_{fp_{março}} = \text{R\$ } 3.865,85$$

$$V_{fp_{abril}} = \text{R\$ } 3.961,17$$

$$V_{fp_{maio}} = \text{R\$ } 4.094,74$$

$$V_{fp_{junho}} = \text{R\$ } 4.492,75$$

$$V_{fp_{julho}} = \text{R\$ } 4.523,79$$

$$V_{fp_{agosto}} = \text{R\$ } 4.620,97$$

$$V_{fp_{setembro}} = \text{R\$ } 4.470,63$$

$$V_{fp_{outubro}} = \text{R\$ } 4.139,92$$

$$V_{fp_{novembro}} = \text{R\$ } 4.244,08$$

O valor associado à demanda de energia elétrica no período fora de fora ponta é determinado conforme a equação (8). Os valores correspondentes são calculados da seguinte forma:

- Demanda fora ponta :

$$D_{fp_{janeiro}} = 31,53 * 30 = \text{R\$ } 946,2$$

$$D_{fp_{fevereiro}} = \text{R\$ } 946,2$$

$$D_{fp_{\text{março}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{abril}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{maio}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{junho}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{julho}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{agosto}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{setembro}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{outubro}}} = R\$ 946,2$$

$$D_{fp_{\text{novembro}}} = R\$ 946,2$$

O valor associado à demanda de energia elétrica no período de ponta é determinado conforme a equação (8). Os valores correspondentes são calculados da seguinte forma:

- Demanda ponta:

$$D_{p_{\text{janeiro}}} = 63,17 * 30 = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{\text{fevereiro}}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{\text{março}}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{\text{abril}}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{\text{maio}}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{\text{junho}}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{\text{julho}}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{agosto}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{setembro}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{outubro}} = R\$ 1894,96$$

$$D_{p_{novembro}} = R\$ 1894,96$$

A Tabela 9 apresenta os valores mensais calculados para a fatura de energia elétrica na modalidade horo-sazonal azul, contemplando a diferenciação das tarifas de demanda e de consumo nos períodos de ponta e fora de ponta. São apresentados, para cada mês analisado, os valores das tarifas aplicáveis, os custos associados à demanda contratada e ao consumo de energia elétrica, bem como o valor total mensal da fatura.

Tabela 9: Hora sazonal azul

GRUPO A - HORA SAZONAL AZUL									
Mês	Tarifa Dem. FP (R\$/kW)	Tarifa Dem. P (R\$/kW)	Valor Dem. FP (R\$)	Valor Dem. P (R\$)	Tarifa Cons. FP (R\$/kWh)	Tarifa Cons. P (R\$/kWh)	Valor FP (R\$)	Valor P (R\$)	Pagamento Total (R\$)
Janeiro	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,45806	0,65781	3.761,46	953,26	7.555,88
Fevereiro	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,45806	0,65781	3.642,15	923,03	7.406,34
Março	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,45806	0,65781	3.849,51	975,58	7.666,25
Abril	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,45806	0,65781	3.944,44	999,63	7.785,23
Maio	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,48496	0,68472	4.137,03	1.030,78	8.008,97
Junho	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,52175	0,72151	4.507,86	1.100,08	8.449,10
Julho	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,52175	0,72151	4.539,02	1.107,68	8.487,86
Agosto	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,57047	0,77023	4.621,00	1.101,01	8.563,17
Setembro	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,57047	0,77023	4.470,65	1.065,19	8.377,00
Outubro	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,52175	0,72151	4.139,91	1.010,28	7.991,35
Novembro	31,54	63,17	946,2	1.894,96	0,52175	0,72151	4.244,08	1.035,70	8.120,94

Fonte : autoria própria

Observa-se que o valor total da fatura mensal varia ao longo do período analisado em função das alterações nas tarifas de consumo e da distribuição do consumo entre os períodos de ponta e fora de ponta. Nota-se, ainda, que a parcela referente à demanda contratada permanece constante ao longo dos meses, refletindo o valor de demanda previamente estipulado, enquanto as variações no pagamento total são predominantemente influenciadas pelos custos associados ao consumo de energia elétrica.

3.2.3.4 Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal verde

A Tabela 10 apresenta o comparativo mensal entre os valores da fatura de energia elétrica obtidos pela tarifa convencional e pela tarifa horo-sazonal verde, bem como a economia resultante da adoção desta última modalidade.

Tabela 10: Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal verde

Mês	Hora sazonal verde	Convencional	Economia
Janeiro	7.898,96	9250,52	1351,56
Fevereiro	7.678,42	8.980,30	1.301,88
Março	8.061,72	9.110,75	1.049,03
Abril	8.237,17	9.420,60	1.183,43
Maio	8.380,11	9.780,40	1.400,29
Junho	8.876,95	10.050,85	1.173,90
Julho	8.931,75	10.120,30	1.188,55
Agosto	8.860,09	9.860,90	1.000,81
Setembro	8.602,62	9.540,10	937,48
Outubro	8.243,50	9.230,45	986,95
Novembro	8.427,10	9.462,70	1.035,60
TOTAL			12609,48

Fonte : autoria própria

Observa-se que, em todos os meses analisados, a tarifa horo-sazonal verde apresenta valores inferiores aos da tarifa convencional, resultando em economia mensal ao longo de todo o período avaliado.

No período considerado, a economia total obtida com a adoção da tarifa horo-sazonal verde é de R\$12.609,48, conforme indicado na linha “TOTAL”, o que evidencia a viabilidade econômica dessa modalidade tarifária para o perfil de consumo analisado.

3.2.3.5 Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal azul

A Tabela 11 apresenta o comparativo mensal entre os valores da fatura de energia elétrica calculados segundo a tarifa convencional e a tarifa horo-sazonal azul, bem como a economia obtida com a adoção desta última modalidade.

Tabela 11: Comparativo entre tarifa convencional e hora-sazonal azul

Mês	Hora sazonal azul	Convencioanal	Economia
Janeiro	7.555,88	9250,52	1694,64
Fevereiro	7.406,33	8.980,30	1.573,97
Março	7.666,25	9.110,75	1.444,50
Abril	7.785,23	9.420,60	1.635,37
Maio	8.008,97	9.780,40	1.771,43
Junho	8.449,10	10.050,85	1.601,75
Julho	8.487,86	10.120,30	1.632,44
Agosto	8.563,17	9.860,90	1.297,73
Setembro	8.376,99	9.540,10	1.163,11
Outubro	7.991,35	9.230,45	1.239,10
Novembro	8.120,94	9.462,70	1.341,76
TOTAL			16395,8

Fonte : autoria própria

A partir dos resultados apresentados na Tabela 11, observa-se que a tarifa horo-sazonal azul apresenta menor custo em relação à tarifa convencional em todos os meses analisados. A economia mensal varia ao longo do período avaliado, refletindo as diferenças entre as tarifas aplicadas e a distribuição do consumo de energia elétrica.

No período considerado, a economia total obtida com a adoção da tarifa horo-sazonal azul é de R\$16.395,38, conforme indicado na linha “TOTAL”, evidenciando a viabilidade econômica dessa modalidade tarifária para o perfil de consumo analisado.

3.2.3.6 Tempo de retorno hora-sazonal verde

Para a análise do tempo de retorno do investimento, foi inicialmente estimado o custo necessário para a adequação da unidade consumidora ao enquadramento no Grupo A. Com base no levantamento de cargas e na aplicação dos fatores de demanda e simultaneidade da Especificação Técnica ET-126, a demanda ativa máxima do condomínio foi estimada em aproximadamente 30 kW.

Para o atendimento dessa demanda, adotou-se a implantação de uma subestação aérea com transformador de 40 kVA, proporcionando margem de segurança operacional, especialmente durante a partida dos motores de recalque, além de atender às práticas usuais de projeto para instalações prediais de uso coletivo.

O investimento associado à migração tarifária foi estimado a partir de levantamentos de mercado, considerando transformador, equipamentos de proteção e medição, estrutura da subestação, projeto elétrico, instalação e regularização junto à concessionária. Assim, o custo total foi adotado com um valor médio de R\$80.000. Estabelecido com base em valores médios obtidos a partir de projetos de subestações para condomínios residenciais coletados em fontes disponíveis na internet. A partir do custo estipulado para a mudança tarifária, observa-se a necessidade da realização de um estudo técnico acurado para avaliar as implicações dessa alteração, considerando o valor do investimento envolvido. Os cálculos detalhados do tempo de retorno do investimento são apresentados no apêndice deste trabalho, considerando o cenário de migração do Grupo B para o Grupo A.

A Tabela 12 apresenta a análise do tempo de retorno do investimento pelo método do *payback* descontado, considerando os fluxos de caixa anuais associados à economia obtida com a adoção da tarifa horo-sazonal verde.

Tabela 12 : Tempo de retorno para hora sazonal verde

PAYBACK DESCONTADO - hora sazonal verde			
Ano	Fluxo nominal (R\$)	Fluxo descontado (R\$)	Acumulado descontado (R\$)
0	—	—	-80.000,00
1	12.609,48	11.459,64	-68.540,36
2	12.609,48	10.414,64	-58.125,72
3	12.609,48	9.464,94	-48.660,78
4	12.609,48	8.601,85	-40.058,93
5	12.609,48	7.817,45	-32.241,48
6	12.609,48	7.104,59	-25.136,89
7	12.609,48	6.456,73	-18.680,16
8	12.609,48	5.867,95	-12.812,22
9	12.609,48	5.332,85	-7.479,36
10	12.609,48	4.846,56	-2.632,80
11	12.609,48	4.404,60	1.771,80
12	12.609,48	4.002,95	5.774,75

Fonte : autoria própria

A partir dos resultados apresentados na Tabela 12, observa-se que o fluxo de caixa descontado acumulado permanece negativo até o décimo ano, tornando-se positivo a partir do 11º ano de operação, o que caracteriza esse período como o tempo de retorno do investimento. Assim, considerando as premissas adotadas e o valor médio de investimento estimado, a

migração para a tarifa horo-sazonal verde mostra-se economicamente viável no horizonte de análise considerado

3.2.3.7 Tempo de retorno hora-sazonal azul

O investimento associado à migração tarifária foi estimado a partir de levantamentos de mercado, considerando transformador, equipamentos de proteção e medição, estrutura da subestação, projeto elétrico, instalação e regularização junto à concessionária. Assim, o custo total foi adotado com um valor médio de R\$80.000. Os cálculos detalhados do tempo de retorno do investimento são apresentados no apêndice deste trabalho, considerando o cenário de migração do Grupo B para o Grupo A.

A Tabela 13 apresenta a análise do tempo de retorno do investimento pelo método do *payback* descontado, considerando os fluxos de caixa anuais associados à economia obtida com a adoção da tarifa horo-sazonal azul.

Tabela 13 : Tempo de retorno para hora sazonal azul

PAYBACK DESCONTADO - hora sazonal azul			
Ano	Fluxo nominal (R\$)	Fluxo descontado (R\$)	Acumulado descontado (R\$)
0	—	—	-80.000,00
1	16.395,80	14.900,68	-65.099,32
2	16.395,80	13.541,90	-51.557,42
3	16.395,80	12.307,03	-39.250,39
4	16.395,80	11.184,76	-28.065,64
5	16.395,80	10.164,83	-17.900,81
6	16.395,80	9.237,91	-8.662,90
7	16.395,80	8.395,51	-267,39
8	16.395,80	7.629,93	7.362,54

Fonte: autoria própria

A partir dos resultados apresentados na Tabela 13, observa-se que o fluxo de caixa descontado acumulado permanece negativo até o décimo ano, tornando-se positivo a partir do 8º ano de operação, o que caracteriza esse período como o tempo de retorno do investimento. Assim, considerando as premissas adotadas e o valor médio de investimento estimado, a migração para a tarifa horo-sazonal azul mostra-se economicamente viável no horizonte de análise considerado.

3.2.3.8 Tempo de retorno investimento total sugerido

A partir da análise dos resultados apresentados nas Tabelas 12 e 13, verifica-se que a tarifa horo-sazonal azul apresenta melhor desempenho econômico para o cenário analisado, uma vez que proporciona menor tempo de retorno do investimento em comparação à tarifa horo-sazonal verde, em função da maior economia anual obtida.

Associando-se a migração tarifária para a modalidade horo-sazonal azul à implantação dos sensores de presença, obteve-se um investimento inicial total de R\$93.300,00, considerando os custos de adequação tarifária e de instalação do sistema de controle de iluminação. Essa configuração resulta em um fluxo de caixa anual estimado de R\$20.776,50, conforme apresentado na Tabela 14, que sintetiza os investimentos totais da instalação e consolida a proposta final de otimização energética analisada neste capítulo.

Tabela 14: *Payback* do investimento total da instalação

PAYBACK DESCONTADO – valor total da instalação			
Ano	Fluxo nominal (R\$)	Fluxo descontado (R\$)	Acumulado descontado (R\$)
0	—	—	-93.300,00
1	20.776,50	18.881,93	-74.418,07
2	20.776,50	17.160,11	-57.257,96
3	20.776,50	15.595,31	-41.662,65
4	20.776,50	14.173,20	-27.489,45
5	20.776,50	12.880,77	-14.608,68
6	20.776,50	11.706,19	-2.902,48
7	20.776,50	10.638,73	7.736,24
8	20.776,50	9.668,60	17.404,84

Fonte: autoria própria

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um estudo de caso sobre a aplicação de técnicas de eficiência energética em um condomínio residencial, por meio da realização de uma auditoria energética nos sistemas de iluminação, motores elétricos e na modalidade tarifária contratada. A metodologia adotada possibilitou identificar os principais focos de consumo e avaliar alternativas de melhoria sob os aspectos técnico e econômico.

Os resultados demonstraram que a implantação de sensores de presença no sistema de iluminação das áreas comuns é uma medida tecnicamente simples e economicamente viável, apresentando redução significativa do consumo de energia elétrica. Em contrapartida, a substituição dos motores elétricos por modelos de alto rendimento, embora tecnicamente eficiente, não se mostrou economicamente atrativa quando analisada pelo critério do payback descontado, em função do elevado investimento inicial e da economia mensal limitada.

A análise tarifária revelou-se o fator de maior impacto econômico no estudo. A simulação da migração do condomínio do Grupo B para o Grupo A indicou que as modalidades horo-sazonais proporcionam economias expressivas em relação à tarifa convencional, destacando-se a tarifa horo-sazonal azul como a alternativa mais vantajosa, devido à maior economia anual e ao menor tempo de retorno do investimento.

Dessa forma, conclui-se que a combinação entre a implantação de sensores de presença e a migração para a tarifa horo-sazonal azul constitui a solução mais eficiente para a redução dos custos com energia elétrica no condomínio analisado. Além da economia financeira, as medidas propostas promovem o uso racional da energia elétrica e contribuem para uma gestão energética mais eficiente.

Por fim, a metodologia empregada mostrou-se adequada e passível de replicação em outros condomínios com características semelhantes. Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do estudo para outros sistemas da instalação e a análise da viabilidade da adoção de fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Resolução Homologatória nº 3.445, de 15 de abril de 2025. Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2025, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à Companhia Energética do Ceará – Enel CE, e dá outras providências. Brasília: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20253445ti.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica. Brasília: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2025.

ATLAS SCHINDLER S.A. Manual de transporte vertical: elevadores de passageiros, escadas rolantes, obra civil e cálculo de tráfego. São Paulo: Atlas Schindler, 2014. Disponível em:

https://www.schindler.com.br/content/dam/website/br/docs/manual-transporte-vertical.pdf/_jcr_content/renditions/original./manual-transporte-vertical.pdf. Acesso em: 19 jan. 2026.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas. Brasília: MME, 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Portaria Interministerial nº 1, de 29 de junho de 2017. Aprova o Programa de Metas para Motores Elétricos Trifásicos de Indução Rotor Gaiola de Esquilo e estabelece níveis mínimos de eficiência energética. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, p. 2, 30 jun. 2017.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. Matemática financeira: com HP 12C e Excel. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

ELETOBRÁS; PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). Guia de eficiência energética em edificações públicas. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM); ELETROBRÁS; PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). Manual de prédios eficientes em energia elétrica. Rio de Janeiro: IBAM; ELETROBRÁS/PROCEL, 2002. 230 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Energy efficiency 2025. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2025>. Acesso em: 29 nov. 2025.

SOUSA, Gleuber Soares. Avaliação econômica para substituição de motores de baixo rendimento por motores de alto rendimento. 2021. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

VIANA, Augusto Nelson Carvalho *et al.* Eficiência energética: fundamentos e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Neoenergia, 2021.

WEG. Catálogo técnico de motores elétricos. Jaraguá do Sul: WEG, 2012.

VICTA ENGENHARIA. Conquista Jurema. Caucaia, [s. d.]. Disponível em: <https://www.victa.eng.br/nossosimoveis/conquista-jurema/>. Acesso em: 17 jan. 2026.

PHILIPS. UNISTREET GEN2 SOLAR VGP283 T25 1 XLED85-4S/730 DN10: product data sheet. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://luminaires.dialux.com>. Acesso em: 12 dez. 2025

APÊNDICE A -*Payback* descontado sistema de iluminação

- *Payback* descontado sistema de iluminação - uso de sensores de movimento (tópico 3.2.2)

Ano 0 : – R\$13.300,00

1º Ano :

-Fluxo nominal : $F_{n_1} = R\$ 4.380,70$

-Fluxo descontado: $F_{desc_1} = \frac{4380,70}{(1+0,100338)} = R\$ 3.981,23,$

- Acumulado descontado : – 13.300 + 3.981,23 = – R\$ 9.318,77

2º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_2} = R\$ 4.380,70$

-Fluxo descontado: $F_{desc_2} = \frac{4380,70}{(1+0,100338)^2} = R\$ 3.618,19$

- Acumulado descontado – 9.318,77 + 3.618,19 = – R\$ 5.700,59

3º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_3} = R\$ 4.380,70$

-Fluxo descontado: $F_{desc_3} = \frac{4380,70}{(1+0,100338)^3} = R\$ 3.288,25$

- Acumulado descontado – 5.700,59 + 3.288,25 = – R\$ 2.412,34

4º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_4} = R\$ 4.380,70$

-Fluxo descontado: $F_{desc_4} = \frac{4380,70}{(1+0,100338)^4} = R\$ 2.988,40$

- Acumulado descontado – $2.412,34 + 2.988,40 = R\$ 576,06$

APÊNDICE B - *Payback* descontado hora-sazonal verde

- *Payback* descontado hora-sazonal verde (tópico 3.2.3.2)

Ano 0 = – R\$ 80.000,00

1º Ano :

-Fluxo nominal : $F_{n_1} = R\$ 12.609,48$

-Fluxo descontado: $F_{desc_1} = \frac{12.609,48}{(1+0,100338)} = R\$ 11.459,64$

- Acumulado descontado : – 80.000 + 11.459,64 =– R\$ 68.540,36

2º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_2} = R\$ 12.609,48$

-Fluxo descontado: $F_{desc_2} = \frac{12.609,48}{(1+0,100338)^2} = R\$ 10.414,64$

- Acumulado descontado : – 68.540,36 + 10.414,64 =– R\$ 58.125,72

3º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_3} = R\$ 12.609,48$

-Fluxo descontado: $F_{desc_3} = \frac{12.609,48}{(1+0,100338)^3} =– R\$ 9.464,94$

- Acumulado descontado : – 58.125,72 + 9.464,64 =– R\$ 48.660,78 R\$

Os demais anos são calculados da mesma forma, para mostrar onde o acumulado descontado fica positivo será demonstrado os cálculos referentes ao ano 10º e o 11º ano.

10º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_{10}} = R\$ 12.609,48$

-Fluxo descontado: $F_{desc_{10}} = \frac{12.609,48}{(1+0,100338)^{10}} = R\$ 4.846,56$

- Acumulado descontado : $- 7479,36 + R\$ 4.846,56 = - R\$ 2.632,80$

11º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_{11}} = R\$ 12.609,48$

-Fluxo descontado: $F_{desc_{11}} = \frac{12.609,48}{(1+0,100338)^{11}} = R\$ 4.404,60$

- Acumulado descontado : $- 2.632,80 + 4.404,60 = R\$ 1.771,80$

APÊNDICE C - *Payback* descontado hora-sazonal azul

- *Payback* descontado hora-sazonal azul (tópico 3.2.3.3)

$$\text{Ano 0} = - 80.000,00$$

1º Ano :

$$\text{-Fluxo nominal : } F_{n_1} = R\$ 16.395,80$$

$$\text{-Fluxo descontado: } F_{desc_1} = \frac{16.395,80}{(1+0,100338)} = R\$ 14.900,68$$

$$\text{- Acumulado descontado : } - 80.000 + 14.900,68 = - R\$ 65.099,32$$

2º Ano:

$$\text{-Fluxo nominal : } Fn_2 = R\$ 16.395,80$$

$$\text{-Fluxo descontado: } Fdes_2 = \frac{16.395,80}{(1+0,100338)^2} = R\$ 13.541,90$$

$$\text{- Acumulado descontado : } - 65.099,32 + 13.541,90 = - R\$ 51.557,42$$

3º Ano:

$$\text{-Fluxo nominal : } F_{n_3} = R\$ 16.395,80$$

$$\text{-Fluxo descontado: } F_{desc_3} = \frac{16.395,80}{(1+0,100338)^3} = R\$ 12.307,03$$

$$\text{- Acumulado descontado : } - 51.557,42 + 12.307,03 = - R\$ 39.250,39$$

Os demais anos são calculados da mesma forma, para mostrar onde o acumulado descontado fica positivo será demonstrado os cálculos referentes ao ano 7º e o 8º ano.

7º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_2} = R\$ 16.395,80$

-Fluxo descontado: $F_{desc_2} = \frac{16.395,80}{(1+0,100338)^7} = R\$ 8.395,51$

- Acumulado descontado : $- 8.662,90 + 8.395,51 = - R\$ 267,39$

APÊNDICE D - *Payback* descontado valor total do investimento

- *Payback* descontado valor total do investimento- conclusão (tópico 4)

$$\text{Ano 0} = - R\$ 93.300,00$$

1º Ano :

$$\text{-Fluxo nominal : } F_{n_1} = R\$ 20.776,50$$

$$\text{-Fluxo descontado: } F_{desc_1} = \frac{20.776,50}{(1+0,100338)} = R\$ 18.881,92$$

$$\text{- Acumulado descontado : } - 93300 + 18881,92 = - R\$ 74.418,08$$

2º Ano:

$$\text{-Fluxo nominal : } F_{n_2} = R\$ 20.776,50$$

$$\text{-Fluxo descontado: } F_{desc_2} = \frac{20.776,50}{(1+0,100338)^2} = R\$ 17.160,11$$

$$\text{- Acumulado descontado : } - 74.418,08 + 17.160,11 = - R\$ 57.257,97$$

Os demais anos são calculados da mesma forma, para mostrar onde o acumulado descontado fica positivo será demonstrado os cálculos referentes ao ano 6º e o 7º ano.

6º Ano:

$$\text{-Fluxo nominal : } F_{n_6} = R\$ 20.776,50$$

-Fluxo descontado: $F_{desc_6} = \frac{20.776,50}{(1+0,100338)^6} = R\$ 11.706,19$

- Acumulado descontado : $- 14.608,68 + 11.706,19 = - 2902,48R\$$

7º Ano:

-Fluxo nominal : $F_{n_7} = R\$ 20.776,50$

-Fluxo descontado: $F_{desc_7} = \frac{20.776,50}{(1+0,100338)^7} = R\$ 10.638,73$

- Acumulado descontado : $- 2902,48 + 10.638,73 = R\$ 7.736,24 R\$$

ANEXO A- Características da luminária externa

Figura 12: Datasheet da luminária externa do condomínio

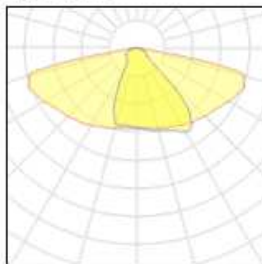
Product data sheet

UNISTREET GEN2 SOLAR VGP283 T25 1 XLED85-4S/730 DN10
VGP282
PHILIPS



Power your road lighting by solar energy – UniStreet gen2 Solar Designed for large-scale projects, our luminaire is the ideal solution for municipalities who seek to meet their sustainability goals. Thanks to its energy efficiency and low initial cost, UniStreet gen2 Solar enables a fast payback and significant energy savings in a short period of time. All, by using the free, abundant solar power. UniStreet gen2 Solar, comes with several different optics and lumen packages customized to fit exact project requirements. Thanks to Service tag, you will enjoy the benefits of hassle free installation and maintenance while at the end of its lifetime our luminaire is ready to be dismantled and recycled. The compact luminaire, using high-quality materials is also easy to dismantle and recycle at the end of its lifetime.

Light output 1



1 x LED

Nominal lamp power	52 W	LOR	87%
Lamp flux	8600 lm	Total flux	7475 lm
Luminous efficacy	144 lm/W	Total power	52 W
CCT	3000 K		
CRI	70		

Mounting mode

Ceiling mounted

Electric

System power: 52 W

Shape and measurements

Length: 151 mm

Width: 151 mm

Height: 133 mm

Design

Designer: Ruben Saldaña

Fonte: retirado do site dialux